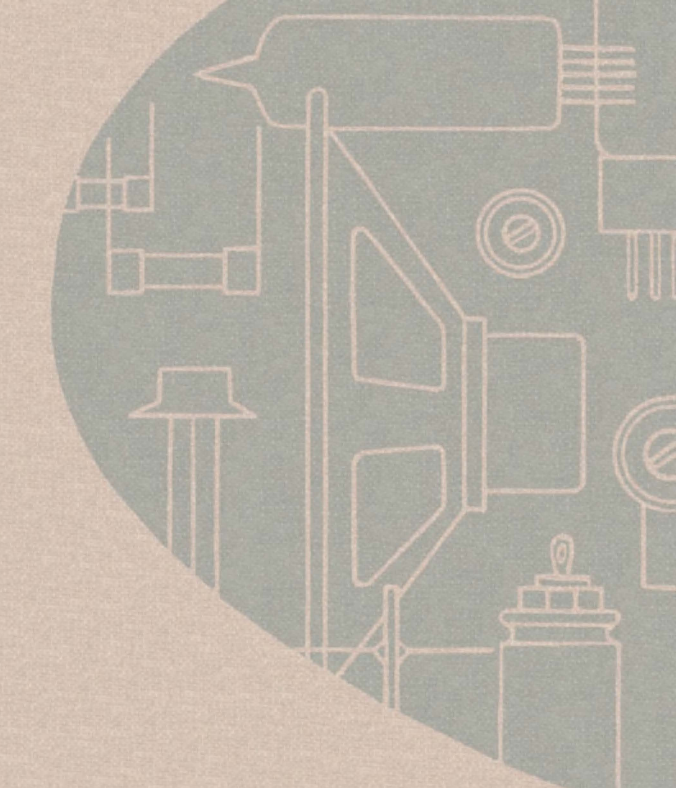
В. Г. БОРИСОВ, Ю. М. ОТРЯШЕНКОВ

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ



ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 607

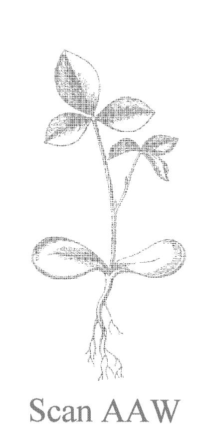
В. Г. БОРИСОВ, Ю. М. ОТРЯШЕНКОВ

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

Издание четвертое, переработанное и дополненное

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1966 ЛЕНИНГРАД



УДК 621.37
Б82

Книга предназначена для широкого круга начинающих радиолюбителей. В форме популярных бесед она знакомит читателей с историей и развитием радио, с элементарной электротехникой и радиотехникой, с современным применением радиоэлектроники. Она содержит около 50 описаний различных по сложности конструкций приемников и усилителей, радиоузла, ультракоротковолновой радиостанции, автоматически действующих электронных устройств, телемеханической аппаратуры, простых измерительных приборов и приспособлений, учебно-наглядных пособий по радиотехнике. В конце книги дан справочный материал.

Книга может быть использована в качестве практического пособия для кружков юных радиолюбителей, работающих в школах и внешкольных учреждениях по программам министерств просвещения РСФСР и союзных республик и аналогичным программам ДОСААФ.

Борисов Виктор Гаврилович, Отряшенков Юрий Михайлович

ЮНЫЙ РАДИОЛЮБИТЕЛЬ

М.-Л., изд-во «Энергия», 1966, 576 стр. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 607)

3-4-5
174-65

Редактор *Г. Н. Брузель* Техн. редактор *Т. Н. Царева*

Обложка художника *А. М. Кувшинникова*

Сдано в набор 29/XI 1965 г. Подписано к печати 29/IV 1966 г.
Т-07106. Бумага типографская № 2 60×90$^{1}/_{16}$. Печ. л. 36,0. Уч.-изд. л. 36,11.
Тираж 150 000 экз. Цена 1 р. 62 к. Зак. 97.

Ленинградская типография № 1 «Печатный Двор» имени А. М. Горького Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Гатчинская, 26.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбители — удивительно непоседливый народ. Они никогда не останавливаются на достигнутом, всегда экспериментируют, ищут новое. Они активно участвуют в радиофикации страны, внедряют радиотехнические средства в различные отрасли народного хозяйства, создают новые оригинальные конструкции приемников и усилителей, телевизоров и звукозаписывающих аппаратов, автоматические устройства, измерительные приборы, внося свой вклад в развитие радиоэлектроники.

Юные радиолюбители — наиболее многочисленный отряд этого замечательного движения. Им, сидящим сейчас за школьной партой, радиолюбительство помогает закреплять на практике знания основ наук, получаемые в классе, приобщает их к общественно полезному труду, расширяет их общетехнический кругозор, ибо радиолюбительство политехнично в своей основе.

Для радиокружков внешкольных учреждений и множества юных радиолюбителей, занимающихся любимым делом самостоятельно, и предназначено четвертое переработанное и дополненное издание книги В. Г. Борисова «Юный радиолюбитель». В этом издании учтены многие предложения, высказанные читателями в письмах и на конференциях юных радиолюбителей, проведенных в различных городах страны. В него введены новые беседы Ю. М. Отряшенкова, знакомящие читателей с математикой транзисторных схем, приборами-автоматами, аппаратурой телеуправления моделями. Кроме того, значительно обновлены описания радиолюбительских конструкций и приборов, предлагаемых для самостоятельного изготовления. В практической части эта книга является обобщением опыта кружков школ и внешкольных учреждений, Центральной станции юных техников РСФСР, к которым авторы имеют прямое отношение.

Редакция Массовой радиобиблиотеки и авторы выражают благодарность всем читателям, организаторам и участникам читательских конференций, приславшим отзывы на предыдущие издания книги «Юный радиолюбитель», и ждут отзывов и пожеланий по данному изданию.

Письма просим направлять по адресу: Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., дом 10, издательство «Энергия».

Редакция Массовой радиобиблиотеки

ЮНЫЙ ДРУГ!

Эта книга — всего лишь букварь, который поможет сделать только первый шаг к познанию Большой радиотехники. Но и на этом небольшом пути тебя ожидают и трудности, и радости побед.

Сначала ты будешь строить простейшие приемники, чтобы познакомиться с азбучными истинами радиотехники. На этом этапе ты почувствуешь себя первоклассником, как это было несколько лет назад. Затем ты начнешь изучать и строить более сложные приемники и усилители. А потом...

Но не будем забегать вперед. Запомни одно: если хочешь стать радиолюбителем, накапливай знания, вырабатывай в себе упорство и настойчивость в достижении цели. Тогда на твоем пути к познанию радиотехники будет открыта широкая дорога, придет уверенность в своих силах, а она принесет радость победы.

Желаем тебе на этом пути больших успехов.

В. Борисов, Ю. Отряшенков

ИСТОКИ РАДИО

В нашей первой беседе мы не собираемся посвящать тебя, наш юный друг, во всю историю всех открытий, исследований и во все этапы практического использования электрических и магнитных явлений природы, лежащих в основе радиотехники. Это было бы слишком длинно и, может быть, даже скучно сейчас для тебя. Мы расскажем лишь о самом, на наш взгляд, главном из этой истории, о наиболее важных явлениях, без знания которых ты не сможешь толком осмыслить работу даже простого радиотехнического прибора.

В ГЛУБЬ ВЕКОВ

...Открытие электрических явлений легенда приписывает мудрейшему из мыслителей древней Греции Фалесу, жившему более двух тысячелетий назад.

В окрестностях древнегреческого города Магнезия люди находили на берегу моря камни, притягивавшие мелкие железные предметы. По имени этого города их называли магнитами (вот откуда пришло к нам слово магнит!). Собирая эти таинственные камни, Фалес находил и другие, не менее интересные, к тому же красивые и легкие. Они не притягивали, как магниты, железных предметов. Зато они обладали другими весьма любопытными свойствами: если их натирали шерстяной тряпочкой, к ним прилипали пушинки, легкие кусочки сухого дерева, травы. Такие камни мы сейчас называем янтарем. Древние же греки янтарь называли электроном. Отсюда и образовалось впоследствии слово «электричество».

Это интересное явление природы, которое мы называем сейчас электризацией тел трением, ты можешь наблюдать сам сейчас же, не отправляясь к морю на поиски кусочков окаменевшей смолы ископаемых растений — янтаря. Натри пластмассовую расческу шерстяной тряпочкой и поднеси ее к мелким кусочкам тонкой бумаги (рис. 1): они мгновенно, подпрыгнув, прилипнут к расческе, а через некоторое время опадут на стол.

А если наэлектризованную расческу поднести к волосам, такое же явление иногда сопровождается появлением искр — сверхминиатюрных молний.

А вот еще один опыт. На два спичечных коробка положи стекло, а под него — те же кусочки тонкой бумаги. Сложи шерстяную тряпочку тампоном и натирай им стекло сверху (рис. 2). Ты увидишь, как запрыгают, запляшут под стеклом кусочки бумаги!

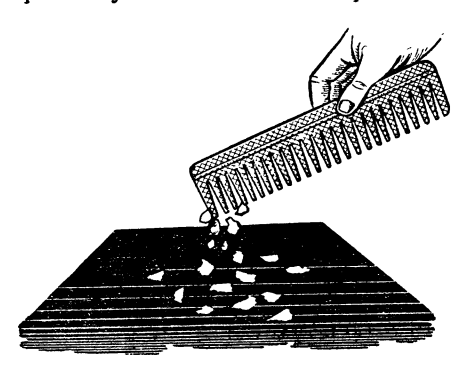


Рис. 1. Наэлектризованная расческа притягивает пушинки, волоски, кусочки бумаги.

Ничего загадочного здесь нет: натертое шерстью стекло приобретает электрический заряд, благодаря которому оно подобно магниту притягивает легкие кусочки бумаги.

Но ни древние греки, ни другие мыслители и философы на протяжении многих столетий не могли объяснить это свойство янтаря и стекла. В XVII в. немецкому ученому Отто Герике удалось создать машину, извлекавшую из натираемого шара, отлитого из серы, значительные искры, уколы которых могли быть даже болезненными. Но разгадка тайн «электрической жидкости», как называли это электрическое явление, не была тогда найдена.

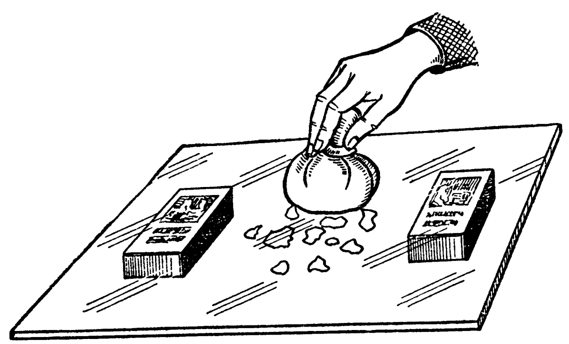


Рис. 2. Под электризующимся стеклом кусочки бумаги «танцуют».

В середине XVII в. в Голландии, в Лейденском университете, ученые нашли способ накопления электрических зарядов. Накопителем электричества была «лейденская банка» (по названию университета) — стеклянный сосуд, стенки которого обклеены снаружи и изнутри тонкими полосками свинца (рис. 3). Подобный прибор мы называем сейчас электрическим конденсатором (слово «конденсатор» означает «сгуститель»), а его полоски, разделенные стеклом, — обкладками конденсатора.

Лейденская банка, подключенная к электрической машине, могла накапливать и долго сохранять значительное количество электричества. Если ее обкладки замыкали кусочком толстой проволоки, проскакивала сильная искра и накопленный электрический заряд прибора мгновенно исчезал. Если же обкладки заряженного конденсатора соединяли тонкой проволочкой, она быстро нагревалась, вспыхивала и плавилась, т. е. перегорала, как мы часто говорим сейчас. Вывод мог быть один: по проволочке течет **электрический ток**, источником которого является электрически заряженная лейденская банка — конденсатор.

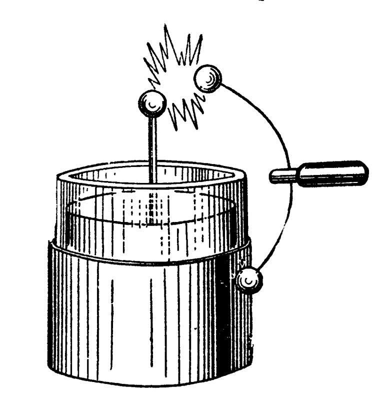
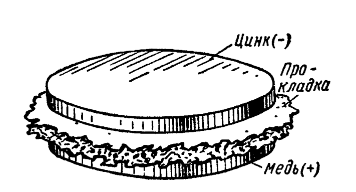


Рис. 3 Лейденская банка (**конденсатор**) для накопления электричества

Более совершенный, а главное непрерывный источник электрического тока изобрел в конце XVIII в. итальянский ученый Вольта. Между небольшими круглыми пластинками из меди и цинка он поместил суконку, смоченную раствором кислоты (рис. 4). Пока прокладка влажная, между пластинками и раствором происходит химическая реакция, создающая в проводнике, соединяющем пластинки, слабый электрический ток. Соединяя пары металлических пластинок параллельно в **батарею**, можно было получать уже значительной величины ток.



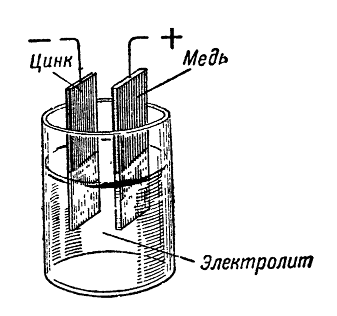


Рис. 4. Элемент Вольта и устройство простейшего гальванического элемента.

Сейчас такой источник тока мы называем **гальваническим элементом**, а соединенные параллельно или последовательно элементы — **батареей гальванических элементов**. Тогда же эти батареи называли по имени изобретателя «вольтовыми столбами». Они положили начало новой области науки и техники — **электротехники**.

К тому времени практика убедила ученых, что существует два «сорта» электричества. Один из них, соответствующий заряду медной

пластинки, они стали условно считать положительным, а второй, соответствующий заряду цинковой пластинки, — отрицательным. В соответствии с таким условием первую пластинку — полюс источника тока стали именовать положительным и обозначать знаком «+», а второй полюс — отрицательным и обозначать знаком «—». Точно так же условно стали считать, что ток течет от положительного к отрицательному полюсу элемента или батареи.

Как выяснилось впоследствии, ученые времен Вольта, не зная истинной природы электрических явлений, ошибались, предполагая направление движения тока от плюса к минусу. В действительности электрический ток течет от минуса к плюсу источника тока. Но это нисколько не сказалось на дальнейшем развитии науки об электричестве.

Здесь мы вынуждены забежать немного вперед, чтобы ответить на вопрос, который, вероятно, у тебя возник.

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК?

Наука говорит, что электрический ток — это упорядоченное движение электронов.

Чтобы разобраться в этом вопросе, нам придется мысленно проникнуть внутрь микромира вещества.

Веществом, или материей, мы называем все то, из чего состоят все существующие в природе предметы, тела: твердые, жидкие, газообразные. Все они образуются из атомов.

Атомы чрезвычайно малы. Единица длины миллиметр совершенно непригодна для измерения их размеров, так как она слишком велика для этой цели. Не годится для таких измерений ни тысячная доля миллиметра — микрон, ни миллимикрон, который в тысячу раз меньше микрона. Здесь подходит только ангстрем — десятая доля миллимикрона. Так вот диаметр атомов различных веществ бывает от 1 до 4 ангстрем. Другими словами, на участке длиной 1 *см* свободно укладывается от 25 до 100 млн. атомов.

Некогда предполагали, что атом — мельчайшая неделимая частица вещества. Слово атом и означает «неделимый». Но впоследствии ученые узнали, что и атом состоит из более мелких частиц: в центре атома любого вещества находится ядро, размеры которого примерно в 100 тыс. раз меньше размеров всего атома. А потом оказалось, что и ядро состоит из еще более мелких частиц, которые были названы протонами и нейтронами.

Теперь ученые успешно разрушают, или, как говорят, расщепляют, ядра атомов и получают огромную скрытую в них энергию — атомную. На атомных электростанциях эта энергия превращается в энергию электрического тока. На атомной энергии работают мощные двигатели флагмана арктического флота ледокола «Ленин».

Атом можно представить себе как мир микроскопических частиц, вращающихся вокруг своей оси и одна вокруг другой. В центре этого мира находится плотное, массивное ядро, вокруг которого обращаются еще более мелкие, чем ядро, частицы — электроны. Электроны образуют оболочку атома.

Каковы размеры электронов? Чрезвычайно малы. Если булавочную головку мысленно увеличить до размера нашей планеты Земли, то при этом каждый атом металла, из которого сделана иголка, увеличился бы до размера шара диаметром около 1 *м*. И вот в центре такого фантастически увеличенного атома мы увидели бы его ядро — шарик величиной в типографскую точку, вокруг которого носились бы заметные пылинки — электроны (рис. 5).

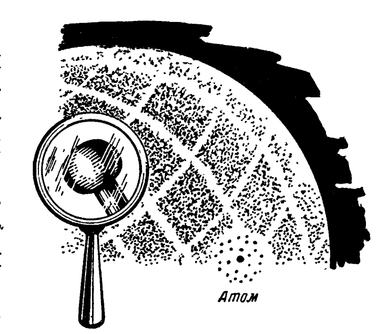


Рис. 5. Таким представляется нам атом.

Если пожелаешь узнать размеры электрона, раздели число 3 на единицу с 12 нулями. Получишь примерный диаметр электрона, выраженный в долях миллиметра.

Мы назвали электроны «частицами». Однако это название не следует понимать в том смысле, что электрон представляет собой нечто вроде твердого комочка или шарика. По современным научным представлениям электроны можно уподобить облачкам, окружающим атомное ядро и вращающимся вокруг него. Электроны как бы «размазаны» по оболочке атома. Однако для наглядности объяснения некоторых физических явлений электроны часто условно, как бы символически, изображают на рисунках в виде шариков, обращающихся вокруг атомного ядра подобно искусственным спутникам вокруг Земли. Этого будем придерживаться и мы.

Число электронов в атоме каждого химического элемента строго определенно, но неодинаково для разных химических элементов. Самое простое устройство имеет атом газа водорода — его оболочка содержит всего один электрон (рис. 6). Оболочка атома гелия (газ, которым наполняют трубки для светящихся красным светом вывесок, рекламных надписей) имеет два электрона.

Атомы других химических элементов содержат больше электронов, причем их электронные оболочки многослойны. Атом кислорода, например, имеет 8 электронов, расположенных в двух слоях: в первом — внутреннем, ближнем к ядру слое движутся 2 электрона, а во втором — внешнем — 6 электронов. У каждого атома железа по 26 электронов, а у каждого атома меди по 29 электронов. И у атома железа, и у атома меди электронные оболочки четырехслойные: в первом слое — 2 электрона, во втором и третьем — по 8 электронов, а во внешнем, четвертом, слое — остальные.

Электроны, находящиеся во внешнем слое оболочки атома, называются в а л е н т н ы м и электронами. Запомни это название: валентные. Мы не раз будем напоминать тебе о валентных электронах, особенно когда пойдет разговор о полупроводниковых приборах.

О числе электронов в атомах различных веществ ты можешь узнать из таблицы химических элементов, составленной великим русским ученым Дмитрием Ивановичем Менделеевым. Эта таблица имеется в химическом и физическом кабинетах твоей школы. Сейчас же запомни: число протонов в ядре атома всегда равно тому числу

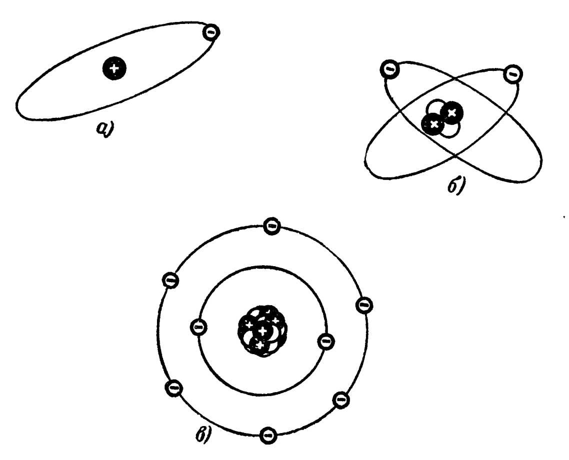


Рис. 6. Схематическое устройство атомов некоторых химических элементов.

а — водород; *б* — гелий; *в* — кислород (орбиты электронов кислорода изображены в одной плоскости).

электронов, которое должно быть в электронной оболочке атома данного вещества.

Каждый протон атомного ядра несет п о л о ж и т е л ь н ы й (+) электрический заряд, а каждый электрон атомной оболочки — о т р и ц а т е л ь н ы й (—) заряд, равный заряду протона. Нейтроны, входящие в состав атомного ядра, не несут никакого заряда.

Тебе, конечно, приходилось забавляться магнитом. Ведь только существованием невидимого магнитного поля, пронизывающего пространство вокруг его полюсов, можно объяснить явление притягивания им железных предметов. Благодаря этому полю можно, например, заставить гвоздь держаться на столе вертикально, не касаясь его магнитом. А если попробовать соединить два магнита одноименными полюсами? Они будут отталкиваться! А разноименными? Они притянутся и прилипнут друг к другу.

Подобным образом ведут себя и электрические заряды: одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Если электроны имеют заряд, противоположный по знаку заряду протонов, значит между ними в атоме все время действуют электрические силы, удерживающие электроны возле своего ядра.

«А почему электроны не падают на ядро?», — спросишь ты. Потому что они обращаются вокруг ядра с огромной скоростью. Не падает же на Землю Луна, хотя Земля и притягивает своего вечного спутника.

Поскольку в атоме суммарный отрицательный заряд всех электронов равен суммарному положительному заряду всех протонов, он внешне не проявляет никаких электрических свойств. Говорят, что такой атом электрически нейтрален. Это внутриатомное свойство можно сравнить с таким явлением: если на две чашки весов положить по одинаковому числу копеечных монет, весы будут в равновесии. Валентные электроны, находящиеся на наибольшем отдалении от ядра, удерживаются ядром слабее, чем более близкие к нему. При различных внешних воздействиях, например при нагревании, натирании или под влиянием света, валентные электроны некоторых веществ могут покидать свои атомы и даже пределы тела, в которые они входили. Такие электроны, покинувшие свои атомы, называют свободными.

А что же происходит с атомом, потерявшим один или несколько электронов? Его внутреннее «электрическое равновесие» нарушается. В нем начинает преобладать положительный заряд ядра, и атом в целом становится положительным. Такой атом называют положительным ионом. В этом случае он, как и магнит, стремится притянуть к себе оказавшиеся поблизости свободные электроны или «отобрать» их у соседних атомов, чтобы восполнить потерю и снова стать электрически нейтральным.

А если в электронной оболочке атома появится лишний электрон? Такой атом будет проявлять свойства отрицательного заряда. Это будет уже отрицательный ион. При первой же возможности он вытолкнет лишний электрон за свои пределы, чтобы вновь стать электрически нейтральным.

Одинаковые атомы или атомы разных химических элементов, соединяясь, образуют молекулы. Водород, например, обычно состоит из молекул, в каждую из которых входит по два водородных атома. При этом электронные оболочки обоих атомов сливаются (рис. 7). В такой молекуле оба электрона движутся вокруг двух атомных ядер. Тут уже нельзя различить, какой из электронов какому из двух атомов принадлежит.

Если же два атома водорода соединяются с одним атомом кислорода, то получится молекула воды. Большинство тел состоит именно из молекул, а не из отдельных атомов. Бумага, например, на которой напечатана эта книга, «соткана» из молекул клетчатки, в которые входят атомы водорода, кислорода и углерода.

Молекула, как и атом, электрически нейтральна, если общее число электронов в ней равно общему числу протонов, находящихся

в ее атомных ядрах. Если же число электронов в молекуле будет меньше числа протонов, она будет нести положительный заряд, а если больше числа протонов — она будет иметь отрицательный заряд.

Если перенести каким-либо способом часть электронов из атомов или молекул одного тела в другое, то вокруг этих тел, в том числе и в пространстве между ними, возникнут электрические силы, или, как говорят, создастся электрическое поле.

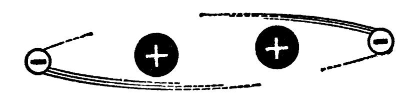


Рис. 7. При соединении двух атомов водорода в молекулу их электронные оболочки сливаются.

Вот тебе и разгадка «секрета» расчески, натертой о сукно или шелк. При трении о сукно расческа отдает сукну часть электрических зарядов — электризуется. Вокруг наэлектризованной расчески возникает электрическое поле, вследствие чего она и приобретает способность притягивать легкие предметы.

Электрическое поле действует и между двумя частями одного и того же тела, например в куске металла, если в одной части его имеется избыток электронов, а в другой — недостаток. Возникают условия для перемещения избыточных электронов к той части тела, где их недостает.

Заряд одного электрона ничтожно мал. Но если электронов много и заставить их двигаться внутри тела в одну сторону, образуя поток отрицательных зарядов, то получится то, что мы называем электрическим током.

Однако не во всех телах имеются условия для прохождения электрического тока. Дело в том, что атомы и молекулы различных веществ обладают неодинаковыми свойствами. Так, валентные электроны легко покидают оболочки атомов металлов и беспорядочно, хаотично движутся непрерывно между атомами от одного атома к другому. В металлах очень много свободных электронов. По существу кусок металла состоит из положительных ионов, расположенных в определенном порядке, пространство между которыми заполнено свободными электронами (рис. 8). В металле невозможно различить, какой электрон к какому из атомов относится, они сливаются в единое электронное «облако».

Ядра атомов с внутренними электронными оболочками

Облако валентных электронов

Рис. 8. В металле пространство между атомами заполнено свободными электронами.

Огромное количество свободных электронов в металлах создает в них наиболее благоприятные условия для электрического тока. Нужно только превратить хаотическое движение электронов в упо-

рядоченное, заставить их лавиной двигаться в одном направлении.

А в некоторых веществах почти нет свободных электронов, так как они прочно удерживаются ядрами. У молекул и атомов этих тел трудно «отобрать» или «навязать» им лишние электроны. В таких веществах нельзя создать электрический ток.

Все вещества, в которых можно создать электрический ток, называют п р о в о д н и к а м и, а те вещества, в которых нельзя создать ток, — н е п р о в о д н и к а м и тока, и з о л я т о р а м и или д и э л е к т р и к а м и.

Кроме металлов, проводниками являются уголь, растворы солей, кислоты, щелочи, живые организмы, земля и многие другие вещества [1]. Изоляторами являются воздух, стекло, парафин, слюда, фарфор, резина, пластмассы, различные смолы, маслянистые жидкости, сухое дерево, сухая ткань, бумага и другие вещества.

Есть еще группа материалов, именуемых п о л у п р о в о д н и к а м и. К ним относятся, например, германий, кремний. По проводимости тока они занимают среднее место между проводниками и изоляторами. Считавшиеся когда-то непригодными для практических целей, сейчас они стали основой всех современных полупроводниковых приборов.

Каким образом в проводнике, например в нити накала электрической лампочки, заставить обилие свободных электронов двигаться упорядоченно, в одном направлении? Для этого надо искусственным путем создать на концах проводника разные электрические заряды, или, как говорят, разность п о т е н ц и а л о в, подключив их, например, к полюсам источника тока.

Наиболее простой химический источник тока — гальванический элемент (рис. 9) состоит из цинковой и медной пластинок, помещенных в э л е к т р о л и т — раствор соли или кислоты, например серной.

Как и в элементе Вольта, в результате химической реакции, происходящей между пластинками-э л е к т р о д а м и и электролитом, на цинковом электроде образуется избыток электронов — отрицательный заряд, а на медном электроде возникает недостаток электронов — положительный заряд. Говорят, что между электродами элемента действует э л е к т р о д в и ж у щ а я с и л а (сокращенно э. д. с.), н а п р я ж е н и е или р а з н о с т ь п о т е н ц и а л о в.

Термины «напряжение» и «разность потенциалов» обозначают одно и то же явление. Они, как и термин «электродвижущая сила» — очень близкое к ним понятие, широко используются в технической терминологии [2].

---

[1] Электрический ток в растворах создается не только движением электронов, но и движением положительных ионов.

[2] О разнице между э. д. с. и напряжением мы рассказываем в пятой беседе.

Ты уже знаешь, что полюсы элемента обозначают знаками плюс и минус. Эти знаки ты видел, например, возле жестяных полосок батарейки, предназначенной для карманного электрического фонарика. Между прочим, эта батарейка также состоит из гальванических элементов, только сухих. Там их три. Несколько элементов, соединенных между собой, и называют батареей.

Как только мы подключим концы проводника к полюсам элемента или батареи, составленной из гальванических элементов, получится замкнутая электрическая цепь. По ней, как по мостику, электроны будут двигаться туда, где имеется недостаток в них, т. е. от отрицательного полюса к положительному. Это и

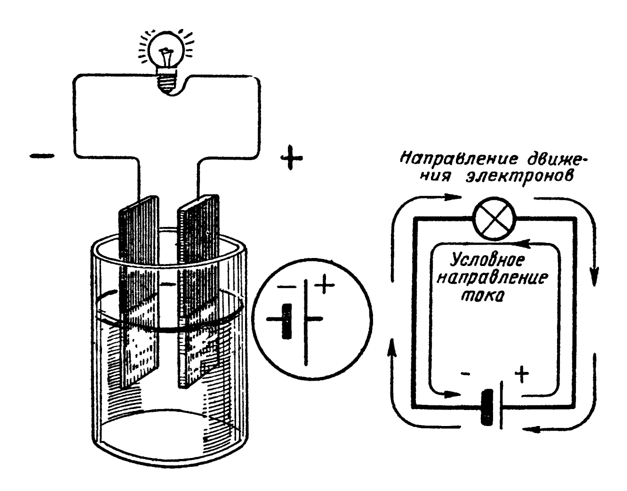


Рис. 9. Замкнутая электрическая цепь. В кружке показано условное обозначение элемента на схемах.

есть упорядоченное движение свободных электронов в проводнике — электрический ток. Он течет через проводник потому, что в цепи существует электродвижущая сила, имеется электрическое напряжение. Существовать ток будет до тех пор, пока электрическая цепь замкнута и действует элемент. Если цепь разорвать, ток в проводнике прекратится.

Одновременно скажем, что эту электрическую цепь можно разделить на два основных участка: внешний и внутренний. К внешнему участку цепи относится все, что подключается к полюсам источника тока, а к внутреннему участку — та часть цепи, которая заключена внутри самого источника тока.

Запомни: замкнутая электрическая цепь — обязательное условие для существования в ней тока. В разомкнутой цепи ток не течет. Можно сообщить разноименные заряды двум изолированным друг от друга телам, например шарикам, подвешенным на шелковых

нитках. Шарики будут притягиваться друг к другу, но тока между ними не будет, так как их разделяет **изолятор** — воздух.

Хотя электроны в проводнике движутся от отрицательного полюса, где избыток их, к положительному полюсу, где недостаток в них, однако и сейчас, как в прошлом веке, принято считать, что ток течет от плюса к минусу, т. е. в направлении, обратном движению электронов.

Ты можешь спросить: почему бы сейчас не узаконить правильное направление тока? Дело в том, что это потребовало бы переработки громадного количества технической литературы. Условное направление тока, кроме того, положено учеными в основу ряда существующих правил, связанных с определением многих электрических явлений. В то же время такая условность никаких особых неудобств не создает, если твердо помнить, что направление тока противоположно направлению движения электронов.

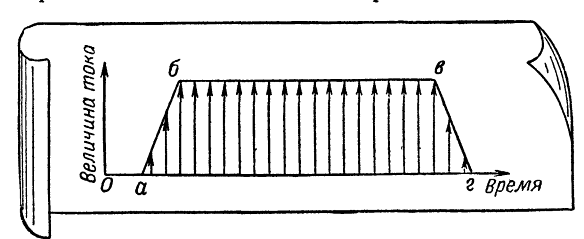


Рис. 10. График постоянного тока.

В разобранном нами примере ток во внешней цепи течет все время, пока действует элемент, в одном и том же направлении. Такой ток называют **постоянным**.

Постоянный ток можно изобразить графически, как показано на рис. 10. Здесь по горизонтальной оси графика отложено в определенном масштабе время, а по вертикальной — величина тока, проходящего по проводнику. Точка перекрещения осей обозначена нулем и является исходной для отсчета времени и величины тока.

О чем может рассказать этот график? Сначала (участок 0*а*) тока в проводнике нет (он равен нулю), так как источник тока не подключен к проводнику. Ток появился, когда цепь замкнули (точка *а*). Он быстро возрос до некоторой величины (точка *б*) и не изменялся до тех пор, пока цепь была замкнута (точка *в*). Когда цепь разомкнули, ток быстро стал уменьшаться и исчез совсем (точка *г*). Если электрическую цепь снова замкнуть, в ней опять появится ток. Так примерно выглядит график тока, текущего через лампочку карманного электрического фонарика, когда его включают на короткий промежуток времени.

Через соединительные проводники и нить накала лампочки, изображенные на рис. 9, электроны движутся слева направо — от минуса к плюсу. Но если полюсы элемента поменять местами,

электроны в проводнике потекут справа налево, так как теперь минус окажется на правом конце проводника, а плюс — на левом. Изменится только направление движения электронов, но ток и в этом случае будет постоянным.

А если полюсы источника тока менять местами очень быстро и к тому же ритмично? В этом случае электроны в проводнике тоже будут попеременно изменять направление своего движения. Сначала они потекут в одном направлении, затем, когда полюсы поменяют местами, — в другом, обратном предыдущему, потом вновь в первом, опять в обратном и т. д. В проводнике будет течь уже не постоянный, а переменный ток.

Ты, вероятно, знаешь, что в сетях электрического освещения течет именно такой — переменный, а не постоянный, как в электрическом карманном фонарике, ток. Его вырабатывают машины, на-

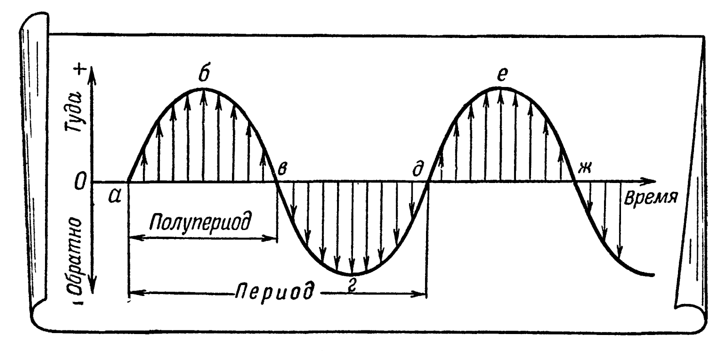


Рис. 11. График переменного тока.

зываемые генераторами переменного тока. Знаки на их полюсах все время меняются, но не скачком, как в рассмотренном нами случае, а плавно. Заряд того полюса генератора, который в некоторый момент времени был положительным, начинает убывать и через долю секунды становится отрицательным; отрицательный заряд сначала возрастает, потом начинает убывать, пока снова не окажется положительным, и т. д. Одновременно меняется знак заряда и другого полюса. При этом величина и напряжение тока в электрической цепи также периодически изменяются.

Графически переменный ток изображают в виде волнистой линии — синусоиды, показанной на рис. 11. Здесь вверх по вертикальной оси отложено одно направление тока, условно названное «туда», а вниз — другое направление тока, обратное первому: «обратно».

О чем может рассказать этот график? Ток появился в момент времени, обозначенный точкой *а*. Он плавно увеличивался, шел в одном направлении — «туда», достиг наибольшей величины (точка *б*) и так же плавно убывал до нуля (точка *в*). Исчезнув на мгновение, ток вновь появился, плавно возрастал и протекал в про-

тивоположном направлении — «обратно». Достигнув наибольшего значения (точка *г*), он снова уменьшился до нуля (точка *д*). Потом ток, опять последовательно возрастая и уменьшаясь, тек в первом направлении, затем снова во втором, опять в первом и т. д., все время меняя свои направление и величину.

При переменном токе электроны в проводнике как бы колеблются из стороны в сторону. Поэтому переменный ток называют также электрическими колебаниями. Движение электронов сначала в одну, а потом в другую сторону считают одним колебанием тока, а время, в течение которого происходит одно полное колебание, — периодом. Половину колебания называют полупериодом. Наибольшую величину тока во время каждого полупериода называют амплитудой тока.

Переменный ток выгодно отличается от постоянного тем, что он легко поддается преобразованию. Так, например, при помощи специального устройства — трансформатора — можно увеличить напряжение переменного тока или, наоборот, понизить его. Переменный ток, кроме того, можно выпрямить — преобразовать в постоянный ток. Все эти свойства переменного тока широко применяются в электро- и радиотехнике.

Все то, о чем мы рассказали тебе в этом немного затянувшемся отступлении, сейчас знает каждый старшеклассник. Ты со дня своего рождения пользуешься благами электричества, иногда расточительно, даже не задумываясь над тем, что ученые всего-навсего каких-нибудь лет 100 назад только-только нащупали пути практического использования этого щедрого дара природы.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ. КАКАЯ МЕЖДУ НИМИ СВЯЗЬ?

Только в 1819 г. датский профессор физики Ганс Эрстед открыл прямую связь между электричеством и магнетизмом. Проводя опыты, он обнаружил, что всякий раз, когда включается ток, магнитная стрелка, находящаяся поблизости от проводника с током, стремится повернуться перпендикулярно проводнику, а когда ток выключается, магнитная стрелка возвращается в исходное положение. Ученый сделал вывод: вокруг проводника с током возникает магнитное поле, которое воздействует на магнитную стрелку.

Ты можешь в этом убедиться, если сам проведешь аналогичный опыт. Для этого тебе потребуются три вещи: батарейка для карманного фонарика, кусок нетолстой медной проволоки длиной в несколько дециметров и магнитная стрелка (например, компас). Подключи проводник к батарейке на несколько секунд (иначе батарейка быстро разрядится), и ты увидишь, как магнитная стрелка сразу же станет поперек проводника. Она укажет направление круговых магнитных силовых линий, рожденных током. Наиболее

сильное магнитное поле будет возле самого проводника. По мере удаления от проводника его магнитное поле, рассеиваясь, ослабевает.

А если изменить направление тока в проводнике (рис. 12), поменяв местами полюсы батарейки? Изменится и направление маг-

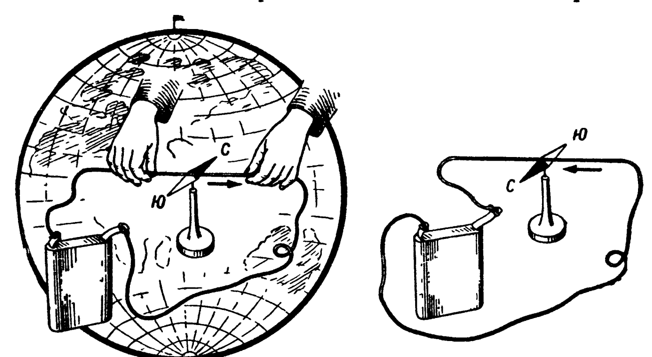


Рис. 12. При изменении направления тока в проводнике меняется и направление силовых линий магнитного поля.

нитных силовых линий — стрелка повернется в другую сторону. Значит, направление силовых линий магнитного поля, создаваемого током, зависит от направления тока в проводнике.

Если в проводнике течет постоянный ток неизменной величины, его магнитное поле также не будет изменяться. Но если ток уменьшится, то слабее станет и его магнитное поле. Увеличится ток — усилится его магнитное поле, исчезнет ток — пропадет его поле. Словом, ток и его магнитное поле неразрывно связаны и зависят друг от друга.

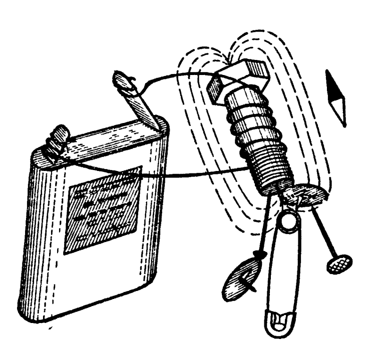


Рис. 13. Проводник с током, свернутый в катушку, становится электромагнитом.

Магнитное поле легко усилить, если проводник с током свернуть в катушку. Силовые линии магнитного поля катушки можно сгустить, если внутрь ее поместить гвоздь или железный болт. Такая катушка с сердечником станет электромагнитом, способным притягивать сравнительно тяжелые железные предметы (рис. 13). Это свойство тока используется во множестве электрических приборов.

А если магнитную стрелку поднести к проводу с переменным током? Стрелка останется неподвижной, даже если провод свернуть в катушку. Значит ли это, что вокруг проводника с переменным

током отсутствует магнитное поле? Нет, конечно. Магнитное поле есть, но оно тоже переменное. Стрелка же не будет отклоняться только вследствие своей «неповоротливости», она не будет поспевать следовать за быстрыми изменениями магнитного поля.

Первый электромагнит, основные черты которого сохранились сейчас во многих электрических приборах, например в электромагнитных реле, телефонных приборах, изобрел английский ученый Стерджен тремя годами позже открытия Эрстеда.

Спустя два десятилетия после этого события, в 1840 г., французский физик Андре Ампер сделал новое, исключительно важное по тому времени открытие. Он опытным путем установил, что два параллельно расположенных проводника, по которым течет ток, способны совершать механические движения: если ток в обоих проводниках течет в одном направлении, они притягиваются друг к другу, а если в противоположных, то отталкиваются друг от друга.

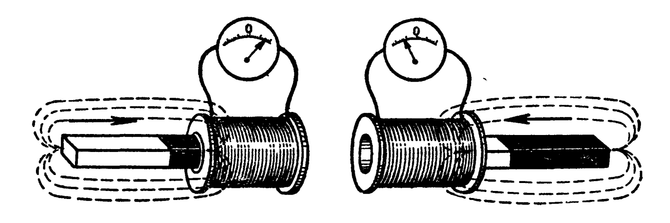


Рис. 14. Энергия магнитного поля создает движение электронов — электрический ток.

Догадываешься, почему так происходит? В первом случае, когда направление тока в обоих проводниках одинаково, их магнитные поля, также имеющие одинаковое направление, как бы стягиваются в единое поле, увлекая за собой проводники. Во втором случае магнитные поля вокруг проводников, имеющие теперь противоположные направления, отталкиваются друг от друга и тем самым раздвигают проводники.

В первой же половине прошлого столетия ценнейший вклад в науку внес английский физик-самоучка Майкл Фарадей. Изучая связь между электрическим током и магнетизмом, он открыл явление электромагнитной индукции. Суть этого явления заключается в следующем. Если внутрь катушки из изолированной проволоки быстро ввести магнит, стрелка прибора, подключенного к концам катушки, на мгновение отклонится от нулевого значения (рис. 14). При таком же быстром движении магнита внутри катушки, но уже в обратном направлении, стрелка прибора так же быстро отклонится в противоположную сторону и вернется в исходное положение.

Вывод мог быть один: магнитное поле пересекает провод и возбуждает (индуцирует) в нем энергию движения свободных электронов — электрический ток.

Можно поступить иначе: перемещать не магнит, а катушку вдоль неподвижного магнита. Результат будет тот же. Магнит можно заменить катушкой, по которой пропускать ток. Магнитное поле этой катушки при пересечении витков второй катушки также будет индуцировать в ней электрический ток.

Это явление лежит в основе действия механического источника электрического тока — генератора, представляющего собой катушку из провода, вращающуюся между полюсами сильного магнита или электромагнита (на рис. 15 катушка показана в виде одного витка провода). Вращаясь, катушка пересекает силовые линии магнитного поля и в ней индуцируется (вырабатывается) электрический ток.

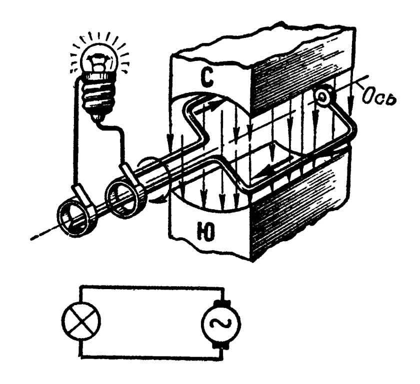


Рис. 15. Простейшая схема генератора переменного тока.

А в 1837 г. русский академик Б. С. Якоби открыл явление, обратное по действию предыдущему. Через катушку, помещенную в магнитном поле, ученый пропускал ток, и катушка начинала вращаться. Это был первый в мире электромагнитный двигатель.

Фарадей, открывший электромагнитную индукцию, опытным путем установил еще одно очень важное явление — возможность передавать ток из катушки в катушку на расстояние без какой-либо прямой электрической связи между ними. Дело в том, что переменный или прерывающийся ток, текущий в одной из катушек, чудесным образом преобразуется в переменное магнитное поле, которое возбуждает во второй катушке такой же ток. На этой основе создан замечательный прибор — трансформатор, сыгравший и играющий очень важную роль в электротехнике, радиотехнике и электронике.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

Труды Фарадея и его соотечественника и последователя Кларка Максвелла привели ученых к выводу, что переменное магнитное поле, рождаемое непрерывно изменяющимся током, создает в окружающем пространстве электрическое поле, которое в свою очередь возбуждает магнитное поле, и т. д. Взаимосвязанные, создаваемые друг другом магнитные и электрические поля образуют единое переменное электромагни́тное поле, которое непрерывно,

как бы отделяясь и удаляясь от места возникновения его, распространяется во всем окружающем пространстве со скоростью света, равной 300 000 километров в секунду.

Возбуждение переменным током электромагнитных полей называют теперь излучением электромагнитных колебаний или волн. Встречая на своем пути проводники, электромагнитные волны индуцируют в них переменный ток, такой же, как возбудивший их ток, только несравненно слабее.

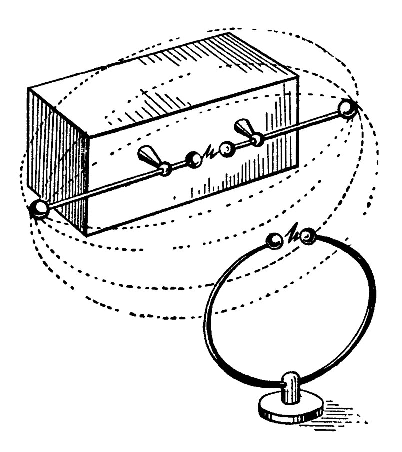


Рис. 16. Опытная установка Г. Герца для возбуждения и обнаружения электромагнитных волн.

Совпадение скоростей распространения электромагнитных колебаний, создаваемых переменным током, и света не случайно, потому что световые лучи, как, между прочим, и тепловые, по своей природе тоже электромагнитные колебания.

Мысль о родстве световых и электрических явлений высказал русский ученый Михаил Васильевич Ломоносов еще в середине XVIII в. Теорию электромагнитных волн создал Кларк Максвелл в первой половине прошлого столетия. Однако только в 1888 г. немецкому ученому Генриху Герцу удалось опытным путем доказать факт существования электромагнитных волн и возможность обнаруживать их.

В опытной установке Герца излучателем электромагнитных волн был вибратор — стержни с металлическими шарами на концах, а обнаружителем электромагнитной энергии — резонатор, представляющий собой незамкнутый виток провода, тоже с шарами на концах (рис. 16). Половинки вибратора заряжались до такого напряжения (разности зарядов), что между внутренними шарами через воздушную прослойку проскакивала электрическая искра — искусственная молния в миниатюре. Происходил разряд. В этот момент, длившийся малые доли секунды, вибратор излучал короткую очередь быстропеременных затухающих (ослабевающих) электромагнитных волн (рис. 17). Пересекая провод резонатора, расположенного поблизости, электромагнитная энергия возбуждала в нем электрические колебания, о чем свидетельствовала очень слабая искра, появлявшаяся между шарами резонатора. Еще разряд — и новая очередь затухающих элект-

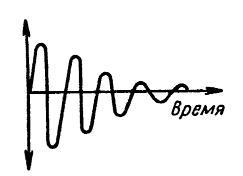


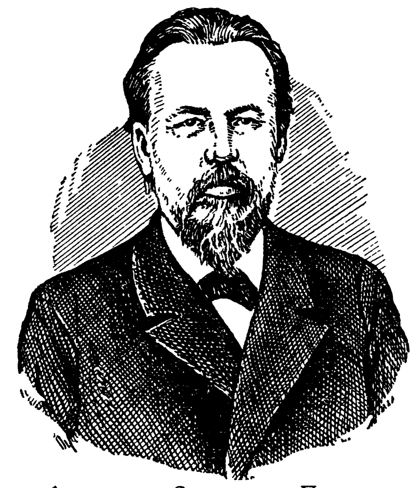
Рис. 17. График затухающих электромагнитных волн.

ромагнитных колебаний возбуждала в резонаторе слабый переменный ток.

Так Генрих Герц нашел способ возбуждения электромагнитных волн и обнаружения их. Но он не представлял себе путей практического использования своего открытия.

РОЖДЕНИЕ РАДИО

Первым человеком, оценившим труды Герца, был преподаватель минного офицерского класса в Кронштадте Александр Степанович Попов. Читая лекции об электромагнитных явлениях и сопровождая их демонстрацией приборов собственноручного изготовления, Александр Степанович высказал смелую мысль о возможности использования электромагнитных волн для передачи сигналов на расстояние без проводов. Но явления, открытые немецким ученым, еще не позволяли решить эту задачу: электромагнитное действие приборов было ничтожно мало.



Александр Степанович Попов.

В то время русский военный флот оснащался новой техникой. Для преодоления морских просторов обновленному флоту нужны были более совершенные средства связи. И русский ученый искал такой новый вид связи, столь необходимый родному флоту.

После множества опытов и экспериментов, проведенных вместе со своим помощником П. Н. Рыбкиным, А. С. Попов сконструировал принципиально новый прибор, реагировавший на электромагнитные волны на значительном расстоянии. Источником электромагнитных волн был вибратор, дополненный кусками провода для лучшего излучения. Прием осуществлялся при помощи куска проволоки, соединенного с прибором. Как только вибратор начинал излучать электромагнитную энергию, приемный прибор отзывался на это трелью звонка. Этот прибор А. С. Попов демонстрировал 7 мая 1895 г. на заседании физического отделения Русского физико-химического общества. Это был первый в мире радиоприемник, а присоединенный к нему кусок провода — первая в мире антенна.

Продолжая опыты, А. С. Попов обнаружил, что на сконструированный им прибор сильно действуют атмосферные электрические

разряды — молнии. Это навело ученого на мысль об использовании приемника для сигнализации о приближающихся грозах. После успешного испытания прибора в одной из петербургских обсерваторий он получил название грозоотметчик.

Эскизный чертеж этого исторического приемника ты видишь на рис. 18. Всмотрись в него внимательно, попробуй разобраться в нем и понять, как он действует.

Не считая батареи, в приемнике три прибора: когерер, электрический звонок и электромагнитное реле — электромагнит, притягивающий якорь, когда через обмотку течет ток. Когерер представляет собой стеклянную трубку с мелкими металлическими опил-

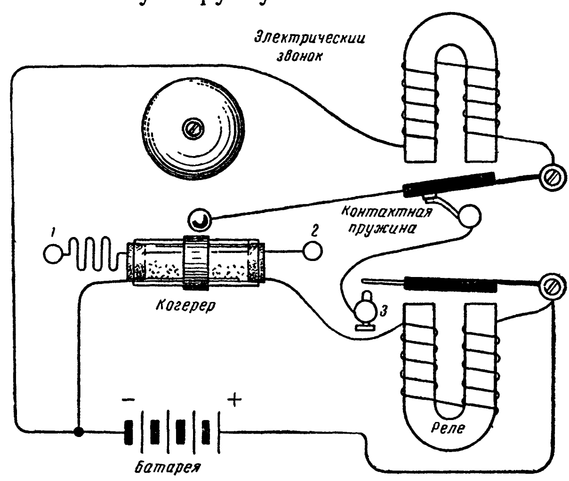


Рис. 18. Эскизный чертеж приемника А. С. Попова.

ками внутри. С помощью тонких полосок из металла он подвешен между опорами *1* и *2*. Через обмотку реле одна контактная пластинка когерера соединена с отрицательным, а вторая — с положительным полюсом батареи. Это первая электрическая цепь приемника. Если же якорь реле прижать к сердечнику, чтобы конец его коснулся винта *3*, то образуется вторая цепь — электрического звонка.

Когерер в разных условиях обладает неодинаковой проводимостью постоянного тока. Находящийся в нем слой металлических опилок в обычных условиях оказывает току большое сопротивление, т. е. плохо пропускает его. В это время ток в первой цепи, в которую включены обмотки реле, настолько мал, что якорь реле не притягивается к сердечнику. Но как только на когерер начнут влиять электромагнитные волны, сопротивление слоя опилок под действием их уменьшится, а ток во всей первой цепи резко возрастет. В этот момент якорь реле притянется к сердечнику и, коснувшись винта *3*, замкнет цепь электрического звонка. Сразу же притянется якорь

электромагнита этой цепи и молоточек ударит по чашечке звонка. Но в этот момент якорь электромагнита звонка отходит от контактной пружинки и разрывает вторую цепь. Теперь молоточек звонка, отпущенный электромагнитом, ударяет по когереру и встряхивает опилки, восстанавливая большое сопротивление их. Если электромагнитные волны продолжают воздействовать на когерер, молоточек автоматически будет ударять то по чашечке звонка, то по когереру.

Когда А. С. Попов присоединял к когереру кусок проволоки — антенну, чувствительность приемника заметно повышалась. В этом случае приемник стал реагировать на разряды молнии, происходящие на расстоянии до 30 *км* от него. Поскольку приемник реагировал не только на искусственно создаваемые волны, но и на те, которые возникают в атмосфере перед грозой, А. С. Попов назвал свое детище «грозоотметчиком».

24 марта 1896 г., спустя менее года после исторического заседания Русского физико-химического общества, произошло новое крупное событие. В этот день изобретатель радио демонстрировал ученым передачу и прием радиосигналов с записью на ленту. У радиопередатчика находился ближайший помощник Попова П. Н. Рыбкин. Радиоприемник был установлен в аудитории, где с докладом выступал А. С. Попов; когда докладчик умолк, послышался стук телеграфного аппарата, соединенного с приемником: Александр Степанович принимал передаваемую П. Н. Рыбкиным радиограмму. Это была первая в мире радиограмма.

Продолжая опыты и совершенствуя приборы, А. С. Попов медленно, метр за метром, но уверенно наращивал дальность действия радиосвязи. Весной 1897 г. была осуществлена передача радиосигналов с корабля на берег на расстояние 640 *м*. А двумя годами позже, в 1889 г., после открытия возможности приема радиосигналов с помощью телефонных трубок на слух, дальность радиосвязи достигла уже 35 *км*. Это был новый крупный успех изобретателя радио, послуживший толчком к дальнейшему развитию радиотелеграфа в России.

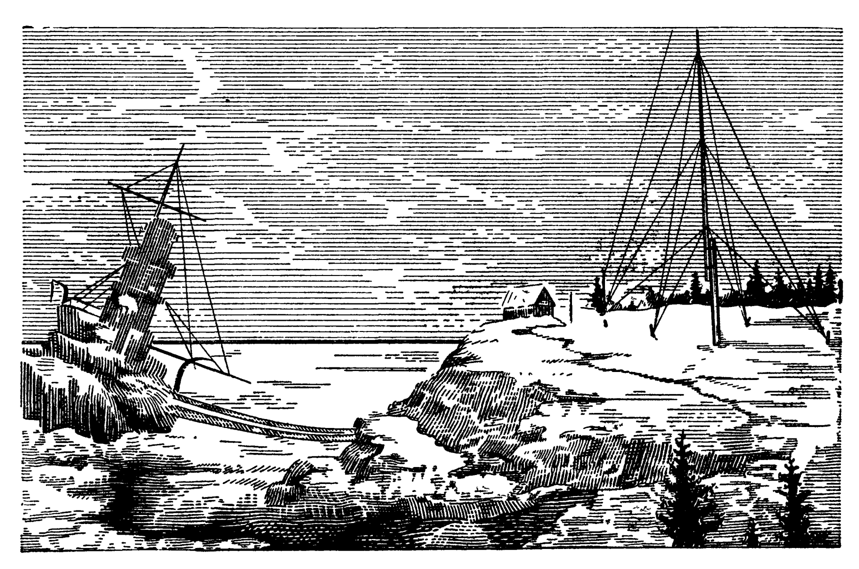
ИДЕЯ ВОПЛОЩАЕТСЯ В ЖИЗНЬ

Случай помог А. С. Попову доказать жизненную потребность нового средства связи.

В ноябре 1899 г. броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» во время снежного шторма сел на камни у пустынных берегов о. Гогланд в Финском заливе. От острова до ближайшего на материке города Котки (Финляндия) около 44 *км*. Спасательные работы задерживались из-за трудности прокладки проводной линии связи между островом и материком. На помощь пришло радио. А. С. Попов со своим помощником П. Н. Рыбкиным для обеспечения надежной двусторонней связи установили на острове и материке приемно-передающие радиостанции. Линия радиосвязи действо-

вала с февраля по апрель 1900 г., пока велись спасательные работы. За это время было передано и принято 440 радиограмм. Одна из них оказала неоценимую услугу людям.

Это было 6 февраля 1900 г. В 14 *ч* 15 *мин* П. Н. Рыбкин, находившийся на о. Гогланд, принял от А. С. Попова короткую радиограмму из г. Котки, которая гласила: «Командиру «Ермака». Около Лавенсаари оторвало льдину с рыбаками. Окажите помощь». Ледокол «Ермак», находившийся в то время у о. Гогланд, немедленно вышел на поиски в море и снял с льдины 27 рыбаков. Люди были спасены благодаря радио.



Радиостанция А. С. Попова на о. Гогланд.

Так действовала первая в мире линия радиосвязи, так радио завоевало право на жизнь.

10 лет, которые А. С. Попов прожил после изобретения первого радиоприемника, он посвятил развитию и внедрению радиосвязи на море, усовершенствованию и созданию новых приборов. Он разработал и успешно использовал на маневрах первые армейские радиостанции, осуществил связь воздушного шара с землей. Этим он положил начало применению радио в сухопутных войсках и воздушном флоте.

Александр Степанович сделал еще одно очень важное открытие. Летом 1897 г. во время опытов по передаче радиосигналов с транспорта «Европа» на крейсер «Африка» им было замечено, что когда между этими кораблями проходил какой-либо третий корабль, слышимость сигналов уменьшалась или даже вовсе прекращалась.

В связи с этим ученый высказал мысль о возможности обнаруживать при помощи радиоприемника корабли, находящиеся на пути радиоволн. Таким образом, он указал путь к радиолокации — современному средству обнаружения и определения местоположения предметов на земле, на воде, в воздухе и Космосе.

Умер Александр Степанович 13 января 1906 г. от кровоизлияния в мозг в возрасте 46 лет. Коротка была его жизнь, но велик был его творческий путь. Он первым правильно оценил огромное практическое значение электромагнитных волн и сумел поставить их на службу человеку. Этим было положено начало новой эпохи в развитии мировой науки и техники — эпохи радиотехники и электроники.

Но по-настоящему заслуги великого русского ученого оценены были в нашей стране только после Великой Октябрьской социалистической революции. Постановлением Советского правительства «Об ознаменовании 50-летия со дня изобретения радио А. С. Поповым» наш народ с 1945 г. отмечает ежегодно День радио. Этим же постановлением учреждены золотая медаль имени А. С. Попова, присуждаемая советским и зарубежным ученым за выдающиеся научные работы и изобретения в области радио, и значок «Почетный радист», которым награждаются лица, способствующие своим трудом развитию радиотехники и организации радиовещания. В Ленинграде создан музей А. С. Попова. Имя А. С. Попова носят Всесоюзное научно-техническое общество радиотехники и электросвязи, Куйбышевская радиовещательная станция, Научно-исследовательский институт радиовещательного приема и акустики, ряд предприятий радиотехнической промышленности. Выпущен документальный фильм «Повесть о русском изобретателе». Проводятся соревнования на кубок имени А. С. Попова. Множество почтовых марок и конвертов, открыток посвящено жизни и деятельности изобретателя радио.

Весь советский народ свято чтит память Александра Степановича Попова — достойного сына нашей Родины.

ГАЗЕТА «БЕЗ БУМАГИ И БЕЗ РАССТОЯНИЙ»

Уже в день победы Октябрьской революции, 7 ноября 1917 г. радиостанция крейсера «Аврора» передала обращение «К гражданам России!», написанное Владимиром Ильичем Лениным и адресованное миллионам трудящихся. В исторические дни великого Октября радиостанции молодой страны Советов передавали подписанные вождем революции радиограммы «Всем, всем, всем!», в которых давались указания органам власти на местах, опровергались клевета и ложь буржуазии о Советской республике. Радиограммы, принятые из центра революции — Петрограда, печатались и широко распространялись во многих городах страны.

Владимир Ильич, следивший внимательно за развитием радиотехники, видел в ней огромную организующую силу. 29 июля 1918 г. им был подписан декрет Совета Народных Комиссаров о централизации радиотехнического дела в стране. В том же году по указанию Ленина в Нижнем Новгороде была создана радиолаборатория. Это по существу был первый советский радиотехнический университет, сыгравший большую роль в развитии радиофикации и радиовещания в нашей стране.

В дальнейшем Нижегородской радиолаборатории было присвоено имя В. И. Ленина. Она дважды была награждена орденом Трудового Красного Знамени.

Нижегородской радиолабораторией руководил крупнейший русский изобретатель в области радио, создатель первых мощных радиовещательных станций Михаил Александрович Бонч-Бруевич. Под его руководством здесь было налажено производство радиоламп, а осенью 1920 г. закончена постройка первой радиотелефонной станции, передававшей по радио живую человеческую речь на большие расстояния.

Когда Владимир Ильич Ленин узнал об этих работах, он написал в теплом дружеском письме проф. М. А. Бонч-Бруевичу: «Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом».

В марте 1920 г. за подписью Ленина было принято постановление Совета Труда и Обороны о постройке в Москве Центральной радиотелефонной станции с радиусом действия 2 000 верст. Несколько позднее В. И. Ленин в записке, адресованной в Совнарком, писал: «...Вся Россия будет слушать газету, читаемую в Москве».

21 августа 1922 г. в Москве начала работать построенная Нижегородской радиолабораторией по тому времени самая мощная в мире радиотелефонная станция. А в июне 1924 г. Совет Народных Комиссаров Союза ССР издал постановление, разрешавшее установку радиоприемников всем гражданам и организациям. Начался выпуск радиоприемников, литературы по радиотехнике, радиодеталей.

Так зародилось и начало развиваться советское радиовещание, а вместе с ним и радиолюбительство. Радиовещание стало тем митингом с миллионной аудиторией, о которой мечтал великий Ильич.

* * *

Сейчас наша страна густо покрыта сетью радиовещательных станций. Радиоприемник или радиоточка стали предметами первой необходимости нашего быта.

Радио является незаменимым, а в ряде случаев единственным средством связи. Средствами радиосвязи оснащены все виды воздушных, морских и речных кораблей, научные экспедиции. Днем и ночью, в будни и праздники, в любую погоду поддерживается радиосвязь между городами нашей огромной страны. Тысячи радио-

станций обеспечивают оперативное руководство полевыми работами в колхозах и совхозах.

В широких масштабах применяется радиосвязь машинистов товарных и пассажирских поездов с диспетчерами железнодорожных станций и узлов, на стройках, в шахтах, пожарных частях...

Радиовещание и связь — большие, но не единственные области современной радиотехники. Радиотехника сегодня — это телевидение и радиолокация, радионавигация, радиоастрономия и телемеханика, звукозапись и многие другие отрасли и разделы науки и техники.

Радиотехнические приборы применяются в медицине для лечения тяжелых заболеваний и наблюдения за деятельностью органов человека, для борьбы с вредными бактериями и стерилизации пищевых продуктов, для плавки и обработки высококачественных сортов стали, в машино- и станкостроении, геологии и метеорологии.

Радиотехника и ее спутница электроника дали возможность автоматизировать многие производственные процессы, управлять механизмами на расстоянии, делать точнейшие измерения, проникнуть внутрь атома, вести сложнейшие математические расчеты с быстротой мысли.

Ты, юный друг, современник штурма Космоса. Радиотехническая и электронная аппаратура, установленная на искусственных спутниках Земли, автоматических межпланетных станциях, космических кораблях «Восток», «Восход», «Луна», «Космос» позволила ученым изучать верхние слои атмосферы, космические излучения, земной магнетизм, увидеть невидимую с Земли сторону Луны, лунный пейзаж, следить за состоянием здоровья наших отважных космонавтов, послать на Венеру вымпел СССР и многое другое.

Таков далеко не полный перечень примеров применения современной радиотехники, основоположником которой был наш соотечественник Александр Степанович Попов. С некоторыми из них мы и намерены познакомить тебя в следующих беседах.

Начнем с наиболее широкой области радиотехники — радиовещания.

○

ПЕРВОЕ ЗНАКОМСТВО С РАДИОПЕРЕДАЧЕЙ И РАДИОПРИЕМОМ

Слово «радио» происходит от латинского слова radiare — излучать, что значит испускать лучи. Оно имеет общий корень с латинским словом radius — луч.

Если ты из точки проведешь расходящиеся во все стороны прямые линии — лучи, то получится рисунок Солнца примерно в том виде, как его обычно изображают малыши. В действительности так оно и есть: Солнце испускает во все стороны лучи-радиусы.

Радиовещательная станция подобно Солнцу излучает во все стороны по радиусам радиоволны [1].

Если бы мы пришли на территорию радиовещательной станции, то прежде всего увидели бы вертикальную ажурную металлическую мачту или провода, поднятые высоко над землей. Это — *антенна*. Рядом с антенной — здание, где находится *передатчик* радиостанции. Он представляет собой сложное устройство, посылающее в антенну электрические колебания высокой частоты.

К передатчику из радиостудии идет подземный кабель — хорошо изолированный провод. В студии установлен *микрофон*. Не только разговор и звуки музыки, но и шепот, шорох микрофон мгновенно превращает в *электрические колебания низкой частоты*, бегущие по кабелю к радиопередатчику. Скольким еще преобразованиям подвергается этот переменный ток, прежде чем приемник превратит его снова в звуки!

Чтобы ты яснее представлял себе, как происходят радиопередача и радиоприем, надо прежде всего поговорить о звуке и несколько больше, чем в первой беседе, о переменном токе.

О КОЛЕБАНИЯХ И ВОЛНАХ

Вокруг нас все время рождаются и затухают колебательные явления. Колеблется ветка, с которой слетела птица. Колеблются маятники часов, качели. От толчков на неровностях пути колеблются вагоны поездов, автомобили, трамваи, троллейбусы. Под действием ветра колеблются деревья, провода, подвешенные на столбах, колеблется вода в озерах и морях.

---

[1] Некоторые радиостанции специального назначения излучают радиоволны только в одном направлении.

Как возникают волны, например, на воде? Вот ты бросил на гладкую поверхность озера камень и от него побежали волны (рис. 19). Что произошло? Частицы воды в месте удара камня вдавились, вытеснив вверх соседние частицы, — на поверхности воды образовался кольцеобразный горб. Затем в месте падения камня частицы воды поднялись горбом вверх, но уже выше ее прежнего уровня — за первым горбом появился второй, а между ними — впадина. Далее частицы воды продолжают перемещаться попеременно вверх и вниз — *колеблются*, увлекая за собой все больше и больше соседних частиц воды. Образуются волны, расходящиеся от места своего возникновения концентрическими кругами.

Заметь: частицы воды только колеблются вверх и вниз, но не движутся вместе с волнами. В этом нетрудно убедиться, бросив

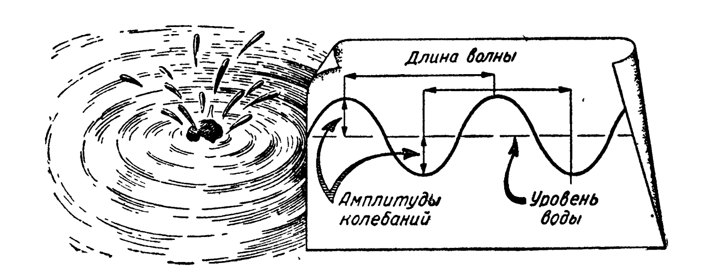


Рис. 19. При ударе камня о поверхность воды на ней возникают волны.

на колеблющуюся поверхность воды щепку. Если нет ветра или течения воды, щепка будет лишь опускаться и подниматься на волнах, не перемещаясь вместе с волнами.

Волны на воде могут быть большими — сильными или маленькими — слабыми. Сильными мы называем такие волны, которые имеют большой размах колебаний, как говорят большие *амплитуды* колебаний. Слабые волны имеют малые горбы — небольшую амплитуду. Чем больше амплитуды возникших волн, тем бо́льшую энергию они несут в себе.

Энергия волн, возникших от брошенного камня, относительно невелика, однако она может заставить колебаться камыш и траву, растущие в озере. Мы знаем, какие большие разрушения берега могут производить морские волны, обладающие большими амплитудами и, следовательно, большой энергией. Эти разрушения осуществляются именно той энергией, которую волны непрерывно отдают берегу.

Водяные волны могут быть частыми и редкими. Чем меньше расстояние между гребнями бегущих волн, тем короче каждая взятая в отдельности волна. Чем больше расстояние между волнами, тем

длиннее каждая волна. Длиной волны на воде мы называем расстояние между двумя соседними бегущими гребнями или впадинами. По мере удаления волн от места возникновения их амплитуды постепенно уменьшаются, затухают, но длина волн остается неизменной.

А если волны создавать не камнем, а, например, палкой, погрузив ее в воду и ритмично, в такт с колебаниями воды, то опускать, то поднимать? И в этом случае волны будут затухающими. Но они будут существовать до тех пор, пока мы не прекратим возмущать поверхность воды.

А как возникают колебания маятника часов-ходиков, качелей? Это ты хорошо знаешь: надо лишь подтолкнуть их, вот они и будут колебаться из стороны в сторону. Чем сильнее толчок, тем больше амплитуды колебаний. Такие колебания тоже будут затухающими, если не поддерживать их дополнительными толчками. Эти и многие другие механические колебания окружающих нас тел мы видим.

Еще больше в природе невидимых колебаний. Многие из них мы слышим, ощущаем в виде звука. Не всегда, например, можно заметить колебания струны музыкального инструмента, но мы слышим, как она звучит. При порывах ветра в трубе возникает звук. Его создают колебательные движения воздуха в трубе, которые мы не видим. Звучат камертон, стакан, ложка, тарелка, ученическое перо, лист бумаги — они тоже колеблются.

Мы живем в мире звуков, потому что многие окружающие нас тела, колеблясь, звучат. Сами же звуки — это результат распространения в воздухе колебательных движений его частиц. Их мы не видим. Это звуковые волны.

Как возникают звуковые волны в воздухе?

Воздух состоит из чрезвычайно мелких, невидимых глазом частиц. При ветре они могут переноситься на большие расстояния. Но они могут и колебаться. Например, если в воздухе сделать резкое движение палкой, то мы почувствуем легкий порыв ветра и одновременно услышим слабый звук. Звук этот — результат колебаний частиц воздуха, возбужденных колебаниями палки.

Проведи такой опыт. Оттяни струну, например, гитары, а потом отпусти ее. Струна начнет дрожать — колебаться около своего первоначального положения покоя. Достаточно сильные колебания струны заметны на глаз. Слабые колебания струны можно только «почувствовать» как легкое щекотание, если прикоснуться к ней пальцем. Пока струна колеблется, мы слышим звук. Как только струна успокоится, звук затухнет.

Посмотри на рис. 20. На нем художник показал различные положения звучащей струны и изобразил в виде точек окружающие ее частицы воздуха. Пока мы не отпускали струну (рис. 20, *а*), частицы воздуха были равномерно распределены в пространстве. Но вот струна отпущена (рис. 20, *б*). Перемещаясь вправо, она теснит, как бы прессует перед собой, близлежащие частицы, создавая

в некотором объеме воздуха повышенное давление — *сгущение* воздуха. При этом позади струны образуется область пониженного давления — *разрежение* воздуха.

В следующий момент, когда струна движется в обратном направлении (рис. 20, *в*), область «сгущения» частиц воздуха образуется слева от нее, а область «разрежения» — справа. Когда струна вновь перемещается вправо (рис. 20, *г*), она создает новые области «сгущения» и «разрежения» воздуха. Таким образом, при колебании струны в воздухе возникают удаляющиеся от нее области повышенного и пониженного давления. Это и есть звуковые волны.

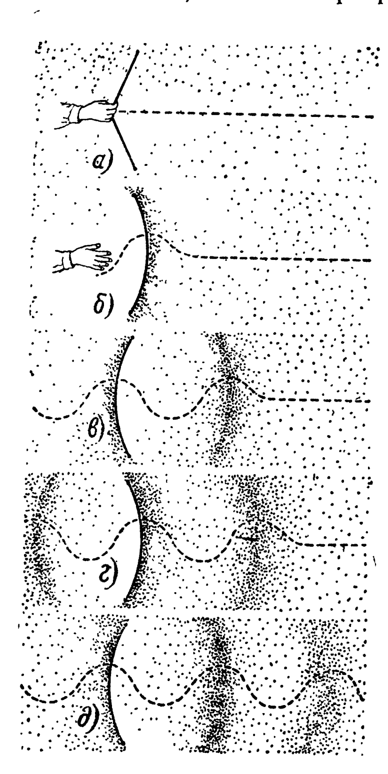


Рис. 20. Когда колеблется струна, в воздухе возникают звуковые волны.

Звуковые волны, так же как и водяные, изображают условно волнистой линией, носящей название *синусоиды*. Такая кривая показана на рисунках пунктиром. Ее «горбы» соответствуют областям повышенного давления воздуха, а «впадины» — областям пониженного давления воздуха. Область повышенного давления и следующая за нею область пониженного давления образуют звуковую волну.

Звуковые волны распространяются в воздухе со скоростью около 340 *м* в секунду и несут в себе некоторый запас энергии. В тот момент, когда до уха доходит область повышенного давления звуковой волны, она надавливает на барабанную перепонку, несколько прогибая ее внутрь. Когда же до уха доходит разреженная область звуковой волны, барабанная перепонка выгибается несколько наружу. Под действием звуковых волн барабанная перепонка все время колеблется в такт с чередующимися областями повышенного и пониженного давления воздуха. Эти колебания передаются по слуховому нерву в мозг, и мы воспринимаем их как звук. Чем больше амплитуды звуковых волн, тем больше энергии несут они в себе, тем громче воспринимаемый нами звук.

Но мы, кроме того, живем в мире электромагнитных колебаний, излучаемых всеми проводами и электрическими приборами, в которых течет переменный ток, огромным количеством антенн радиостанций, электрическими разрядами, недрами земли и бесконечным

Космосом. Только с помощью приборов, созданных человеком, они могут быть обнаружены и зафиксированы.

Одной из важнейших характеристик механических, электрических, электромагнитных и всех других видов колебаний является п е р и о д — время, в течение которого совершается одно полное колебание. Если, например, маятник часов-ходиков делает за секунду два полных колебания, период каждого колебания равен 0,5 *сек*. Период колебаний больших качелей — около 2 *сек*, а период колебаний струны может быть от десятых до десятитысячных долей, секунды.

Еще пример. В наших электроосветительных сетях течет 50-периодный переменный ток. Период такого тока равен $^1/_{50}$ *сек*, а полупериод — $^1/_{100}$ *сек*.

Другой величиной, характеризующей любые колебания, является ч а с т о т а (от слова «часто») — число, показывающее, сколько полных колебаний в секунду совершают маятник часов, звучащие тела, ток в проводнике и т. п.

Для оценки частоты колебаний принята единица, носящая название г е р ц (сокращенно пишут: *гц*). 1 *гц* — это одно колебание в секунду. Если, например, звучащая струна совершает 440 полных колебаний в секунду (при этом она создает тон «ля» третьей октавы), говорят, что частота ее колебаний 440 *гц*. Частота переменного тока электроосветительной сети 50 *гц*. При таком токе электроны в проводниках в течение секунды текут попеременно 50 раз в одном направлении и столько же раз в обратном, т. е. совершают за секунду 50 полных колебаний.

Более крупные единицы частоты — к и л о г е р ц (пишут: *кгц*), равный 1 000 *гц*, и м е г а г е р ц (пишут: *Мгц*), равный 1 000 *кгц*, или 1 000 000 *гц*. Иногда используют еще более крупную единицу частоты — г и г а г е р ц (пишут: *Ггц*), равную миллиарду герц, или 1 000 *Мгц*.

Частота колебаний звучащего тела определяет тон, или высоту звука. Чем больше эта частота, тем выше тон звука, и, наоборот, чем меньше частота, тем ниже тон звука.

Наше ухо способно реагировать на сравнительно небольшую полосу (участок) частот звуковых колебаний, примерно от 20 *гц* до 20 *кгц*. Она, однако, вмещает всю обширнейшую гамму звуков, создаваемых голосом человека и симфоническим оркестром: от очень низких тонов, похожих на звук жужжания жука, до еле уловимого высокого писка комара.

Более медленные колебания (до 20 *гц*), называемые и н ф р а з в у к о в ы м и, и более частые (свыше 20 *кгц*), называемые у л ь т р а з в у к о в ы м и, мы не слышим. Если бы наше ухо оказалось способным реагировать на ультразвуковые колбания, мы могли бы слышать колебания пестиков цветов, крылышек бабочек.

Не путай высоту, т. е. тон звука, с силой его. Высота звука зависит не от амплитуды, а от частоты колебаний. Толстая и длинная

струна, например, колеблется медленнее и создает более низкий тон звука, чем тонкая и короткая струна, создающая высокий тон звука (рис. 21).

В электротехнике и радиотехнике используют переменные токи с частотой от нескольких герц до сотен гигагерц. Антенны радиовещательных станций, например, питаются токами с частотой примерно от 150 *кгц* до 50—60 *Мгц*. Эти быстропеременные токи и являются тем средством, с помощью которого осуществляется передача звуков на большие расстояния без проводов.

Весь огромный диапазон переменных токов принято подразделять на несколько участков-поддиапазонов. Токи сравнительно

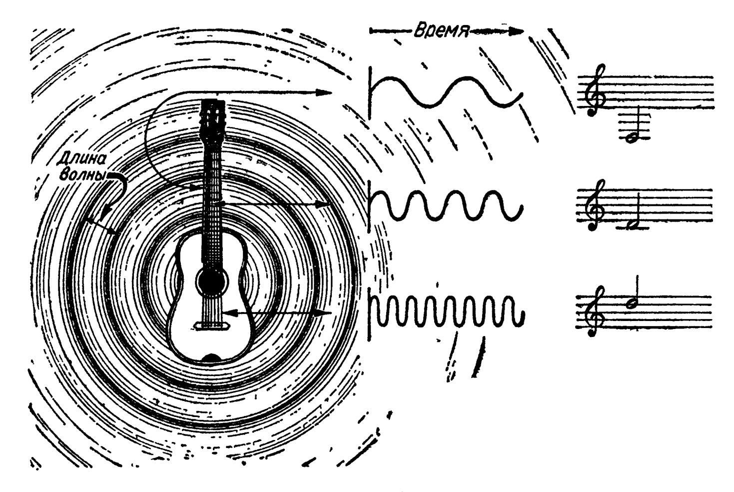


Рис. 21. Чем больше частота колебаний струны, тем короче звуковые волны и выше тон звука.

небольших частот, в пределах 20 *гц* — 20 *кгц*, называют токами звуковой или низкой частоты, так как они соответствуют частотам звуковых колебаний, а переменные токи с частотой 20 *кгц* и больше — токами ультразвуковой частоты. В то же время токи с частотой от 100 *кгц* до 30 *Мгц* принято называть токами высокой частоты, а с частотой выше 30 *Мгц* — токами сверхвысокой или ультравысокой частоты.

Запомни хорошенько границы и названия этих поддиапазонов переменных токов.

ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ ЗВУКИ

Ты снимаешь трубку телефонного аппарата, набираешь или называешь нужный номер. Вскоре ты слышишь голос товарища, а он — твой.

Какие электрические явления происходят во время телефонного разговора?

Звуковые колебания воздуха, созданные тобой, преобразуются микрофоном в электрические колебания низкой (звуковой) частоты, которые по проводам передаются к аппарату твоего собеседника. Там, на другом конце линии, они с помощью телефонной трубки преобразуются в колебания воздуха, воспринимаемые твоим приятелем как звуки.

В радиовещании, как и в телефонии, микрофон и телефонная трубка (или громкоговоритель) являются конечными звеньями цепи радиопередачи и радиоприема. Но средством, связывающим их, служат не провода, а радиоволны.

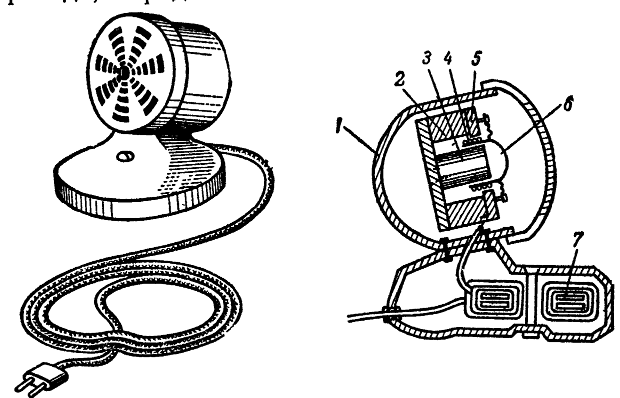


Рис. 22. Устройство электродинамического микрофона.
1 — корпус; 2 — магнит; 3 — сердечник; 4 — звуковая катушка; 5 — фланец; 6 — мембрана; 7 — трансформатор.

Конструкций микрофонов несколько: угольные, электродинамические, пьезоэлектрические и др. Но результат их действия одинаков: они преобразуют звуковые колебания в электрические.

Вот как устроен и работает один из них — электродинамический (рис. 22). Микрофон этого типа имеет сильный магнит, напоминающий толстостенный стакан с круглым сердечником в середине. Такой магнит, если разрезать его вдоль сердечника, похож на букву «Ш». К стороне, противоположной «дну» магнита, прикреплен фланец — стальная накладка с круглым отверстием в середине. Между фланцем и сердечником имеется узкий воздушный кольцевой зазор, в котором создается сильное магнитное поле.

В кольцевом магнитном поле, не касаясь ни сердечника, ни фланца, расположена катушка из изолированного провода. Катушка скреплена с мембраной, сделанной из тонкого алюминия. Ее края гофрированы, благодаря чему бо́льшая часть поверхности мембраны и скрепленная с нею катушка обладают подвижностью.

Принцип работы этого микрофона основан на электромагнитной индукции, о которой мы рассказывали в предыдущей беседе.

Пока катушка микрофона неподвижна, в ней не индуцируются электрические колебания, хотя она и находится в самой гуще магнитных силовых линий. Но вот перед микрофоном зазвучала струна. Сразу же в такт с областями пониженного и повышенного давления звуковых волн начинает колебаться, как барабанная перепонка уха, мембрана микрофона. Колеблясь, она увлекает за собой катушку. При этом катушка пересекает магнитные силовые линии и в ней индуцируется переменный ток той же частоты, что и у звуковых колебаний. Чем выше тон звука, тем выше частота этого тока. Чем громче звук, тем больше амплитуда колебаний тока.

Эти электрические колебания, индуцирующиеся в катушке микрофона, и есть ток звуковой или низкой частоты. В таком виде, но только усиленный, он и поступает из студии радиовещательной станции к передатчику.

РАДИОВОЛНЫ

«Сердцем» передатчика любой радиовещательной станции является генератор высокой частоты. Он генерирует (вырабатывает) ток высокой и в то же время строго постоянной для данной радиостанции частоты. Этот ток, усиленный до необходимой мощности, поступает в антенну и возбуждает в окружающем ее пространстве электромагнитные колебания той же частоты.

Электромагнитные колебания, излучаемые антенной радиостанции, называют также радиоволнами.

Скорость удаления радиоволн от антенны радиостанции равна скорости света: 300 000 *км* в секунду. Радиоволны распространяются в пространстве почти в миллион раз быстрее, чем звук в воздухе. Это значит, что если на Московской радиовещательной станции в некоторый момент времени включили передатчик, то ее радиоволны меньше чем за $^1/_{30}$ *сек* дойдут до Владивостока, а звук за это время успеет распространиться всего лишь на 10—11 *м*.

Радиоволны распространяются не только в воздухе, но и там, где его нет. Этим они коренным образом отличаются от звуковых волн, для которых совершенно необходим воздух или какая-либо другая плотная среда, например вода.

Однако для радиоволн, как и для световых и электромагнитных волн, существуют тела «прозрачные», через которые они проникают совершенно свободно, и «непрозрачные», задерживающие их. Очень многие «непрозрачные» для света тела беспрепятственно пропускают через себя радиоволны. Например, радиоволны проходят через деревянные и кирпичные стены домов так же свободно, как свет сквозь стекло. Но верхние слои атмосферы, совершенно прозрачные для света, могут быть непреодолимым препятствием для радиоволн.

Когда радиовещательная станция начинает передачи, диктор иногда сообщает, что данная радиостанция работает на волне такой-то длины.

Волну, бегущую по поверхности воды, мы видим и при известной ловкости можем измерить ее длину. Длину же радиоволн можно измерить только с помощью специальных приборов или рассчитать математическим способом, если мы знаем частоту тока, возбуждающего эти волны.

Длина радиоволны — расстояние, на которое распространяется энергия электромагнитного поля за период колебания тока в антенне радиостанции.

Как это понимать?

За время одного периода тока в пространстве возникает одна радиоволна. Чем выше частота тока в антенне, тем больше следующих друг за другом радиоволн излучается ею в течение каждой секунды.

Допустим, что частота тока в антенне радиостанции составляет 1 *Мгц*. Тогда период этого тока и рожденного им электромагнитного поля будет равен одной миллионной доле секунды. За 1 *сек* радиоволна проходит расстояние 300 000 *км*, или 300 000 000 *м*. Значит, за одну миллионную долю секунды она пройдет расстояние в миллион раз меньшее, т. е. 300 000 000 : 1 000 000. Следовательно, длина волны данной радиостанции равна 300 *м*. Таким образом, длина волны радиостанции зависит от частоты тока в ее антенне: чем больше частота тока, тем короче волна и, наоборот, чем меньше частота тока, тем длиннее волна. Чтобы узнать длину волны радиостанции, надо скорость распространения радиоволн, выраженную в метрах, разделить на частоту тока в ее антенне. А чтобы узнать частоту тока в антенне радиостанции, надо скорость распространения радиоволн разделить на длину волны радиостанции.

Не путай понятие о длине волны, на которой работает радиостанция, с дальностью ее действия, т. е. с расстоянием, на котором ее передачи могут быть приняты. Дальность действия радиостанции, правда, зависит от длины волны, но не отождествляется с нею. Так, передача на волне длиной в несколько десятков метров может быть услышана на расстоянии в несколько тысяч километров, но не всегда слышна на более близких расстояниях. В то же время передача радиостанции, работающей на волне длиной в сотни и тысячи метров, часто не слышна на таких больших расстояниях, на которых слышны передачи коротковолновых станций.

Каждая радиовещательная станция работает на строго постоянной частоте, отличающейся от частот других радиостанций. Поэтому и длины волн различных радиостанций неодинаковы, но строго постоянны для каждой из них. Это дает возможность принимать передачи каждой радиостанции в отдельности.

Коротко о диапазонах радиоволн. Все радиовещательные станции работают на волнах, находящихся в пределах так называемых радиовещательных диапазонов:

длинноволнового (сокращенно ДВ) — от 2 000 до 700 *м* (частоты от 150 до 430 *кгц*);

средневолнового (сокращенно СВ) — от 575 до 187 *м* (частоты от 520 *кгц* до 1,6 *Мгц*);

коротковолнового (сокращенно КВ) — от 100 до 10 *м* (частоты от 3 до 80 *Мгц*);

ультракоротковолнового (сокращенно УКВ) — от 4,65 до 3,95 *м* (частоты от 64,5 до 76 *Мгц*); волны этого диапазона называют также метровыми волнами; вообще же ультракороткими волнами называют все волны короче 10 *м*.

Коротковолновые радиовещательные станции неравномерно распределены по КВ диапазону: больше всего их работает на волнах длиной около 19, 25, 31, 41 и 50 *м*. Соответственно этому коротковолновый радиовещательный диапазон подразделяется на 19-, 25-, 31-, 41- и 50-метровый поддиапазоны.

Волна длиной 600 *м* отведена для передачи сигналов бедствия кораблями в море. На этой волне работают все морские аварийные радиопередатчики, на эту волну настроены приемники всех спасательных станций и маяков.

МОДУЛЯЦИЯ

Пока студийный микрофон не включен, в антенне радиовещательной станции течет ток строго постоянных частоты и амплитуды (см. левые части графиков на рис. 23). Антенна при этом излучает

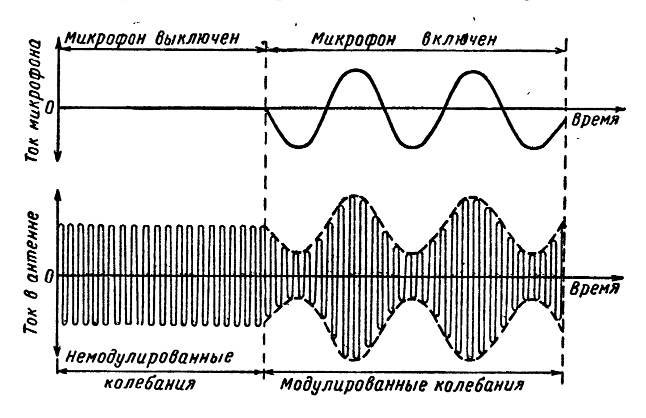


Рис. 23. При действии звука на микрофон ток высокой частоты в антенне передатчика изменяется по амплитуде.

радиоволны неизменной мощности. Но вот в студии включили микрофон и люди, находящиеся за десятки, сотни и тысячи километров от радиостанции, услышали знакомый голос диктора.

Что же происходит в передатчике, когда микрофон включен? Ток низкой частоты, созданный микрофоном и усиленный студий-

ным усилителем, попадает в одно из устройств передатчика, называемое *модулятором*, и как бы управляет током высокой частоты, изменяет амплитуды его колебаний. В зависимости от этого изменяется и электромагнитная энергия, излучаемая антенной передатчика: чем значительнее амплитуды тока звуковой частоты, тем в бо́льших пределах изменяются амплитуды тока высокой частоты и излучаемая антенной мощность электромагнитных волн (см. правые части графиков на рис. 23). Чем больше частота тока низкой частоты, поступающего из радиостудии, тем с большей частотой изменяются амплитуды тока в антенне.

Процесс изменения амплитуд высокочастотных колебаний под действием тока звуковой частоты называют *амплитудной модуляцией*. Изменяемые же по амплитуде токи высокой частоты в антенне и излучаемые ею радиоволны носят название *модулированных колебаний*.

Кроме амплитудной модуляции, существует еще так называемая *частотная модуляция*. При таком виде модуляции изменяется частота, а амплитуда колебаний высокой частоты в антенне радиостанции остается неизменной. Частотную модуляцию применяют, например, для передачи звукового сопровождения в телевидении, в радиовещании на УКВ. В радиовещании на длинных, средних и коротких волнах используют только амплитудную модуляцию.

РАДИОПРИЕМ

Радиоволны не могут быть обнаружены ни одним органом наших чувств, как могут быть обнаружены электромагнитные волны при световом или тепловом излучении. Но если на пути радиоволн встречается проводник, они отдают ему часть своей энергии. На этом явлении и основан прием радиопередач.

«Улавливание» энергии радиоволн осуществляется с помощью *приемной антенны*, которой может быть любой проводник электрического тока, подвешенный над землей. Задача приемной антенны — «захватить» из пространства возможно больше этой энергии.

Отдавая антенне часть электромагнитной энергии, радиоволны индуцируют в ней слабый переменный ток такой же частоты, как у тока, создавшего эти радиоволны. Он имеет точно такой же «звуковой узор», какой имеет ток в антенне радиовещательной станции. Короче говоря, в антенне приемника индуцируются модулированные колебания высокой частоты. Эти колебания из антенны поступают в радиоприемник.

В приемнике происходят процессы, обратные тем, которые происходят в студии и на передатчике радиостанции. Если там звук последовательно преобразуют сначала в электрические колебания низкой частоты, а затем в модулированные колебания высокой ча-

стоты, то при радиоприеме решается обратная задача: модулированные колебания, уловленные антенной, преобразуются приемником в электрические колебания низкой частоты, а затем в звук. В простейшем приемнике преобразование модулированных колебаний высокой частоты в колебания низкой частоты осуществляется при

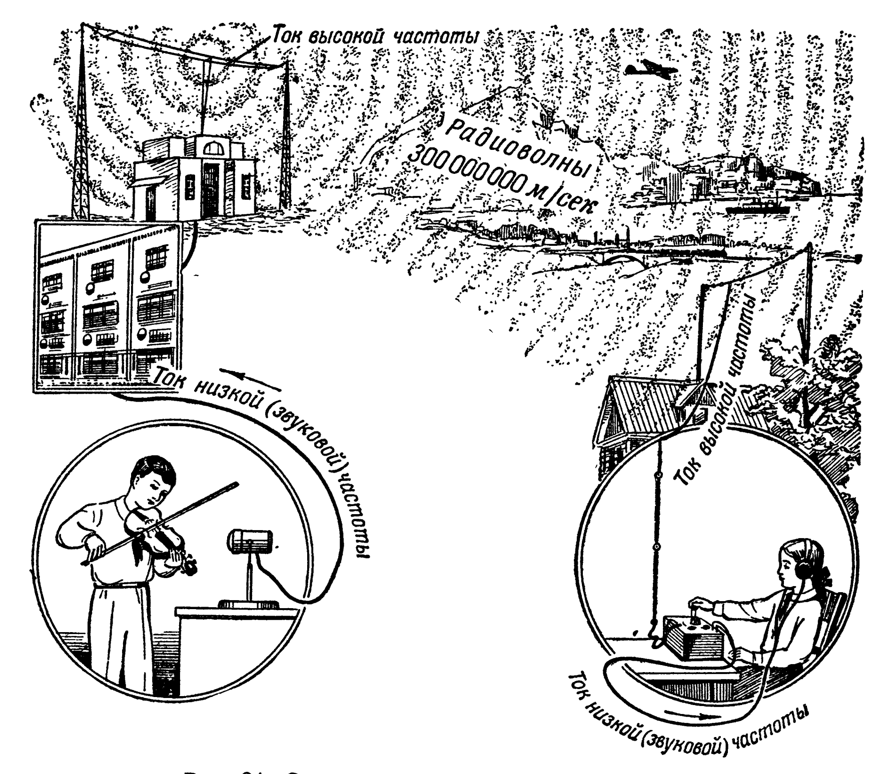


Рис. 24. Схема радиопередачи и радиоприема.

помощи детектора, а превращение низкочастотных колебаний в звук — головным телефоном.

Но ведь антенну приемника пронизывают радиоволны множества радиостанций, возбуждая в ней модулированные колебания самых различных частот. И если все эти радиосигналы превратить в звуки, то мы услышали бы сотни голосов людей, разговаривающих на различных языках. Вряд ли такой радиоприем нас устроил бы.

Нам, разумеется, интересно послушать передачи разных станций, но только не все одновременно, а каждую в отдельности. А для этого из колебаний всех частот, возбуждающихся в антенне, надо выделить колебания с частотой только той радиостанции, передачи которой мы желаем слушать. Эту задачу выполняет так называемый

колебательный контур, имеющийся в любом, даже самом простом радиоприемнике.

Простейший колебательный контур состоит из катушки, намотанной из медного провода, и конденсатора. Он является той частью приемника, благодаря которой мы можем настраиваться то на одну, то на другую радиостанцию. Поэтому-то колебательный контур и является обязательным элементом каждого радиоприемника.

Подробнее о колебательном контуре мы расскажем тебе после того, как ты испробуешь его в действии.

Возможность приема передач на том или ином расстоянии от радиостанции зависит от мощности излучаемых ею радиоволн: чем мощнее передатчик станции, тем на большем расстоянии от нее можно слушать ее передачи. Здесь можно провести аналогию со светом: чем ярче, мощнее источник света, тем на большем расстоянии он виден.

Дальность радиоприема зависит также от чувствительности самого приемника, т. е. от его способности реагировать на слабые электрические сигналы, уловленные антенной. Чем приемник чувствительнее к этим сигналам, тем он «дальнобойнее».

Дальность радиоприема зависит еще и от длины волны радиостанции, о чем мы уже говорили тебе в этой беседе. Объясняется это особенностями распространения радиоволн разной длины.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ РАДИОВОЛН

Волны разных диапазонов обладают неодинаковыми свойствами, влияющими на дальность их распространения. Волны одной длины преодолевают большие расстояния, волны другой длины «теряются» за пределами горизонта. Бывает так, что радиосигнал превосходно слышен где-то по ту сторону Земли или в Космосе, но его невозможно обнаружить в нескольких десятков километров от радиостанции.

Если бы мы настроили приемники на рядом расположенные радиостанции, работающие в диапазонах ультракоротких, коротких, средних и длинных волнах, то, удаляясь от станций, мы смогли бы наблюдать такое явление. Уже в несколько десятках километров прекратился бы прием ультракоротковолновой и коротковолновой станций. Через 800—1 000 *км* мы перестали бы слышать передачи средневолновой станции, а через 1 500—2 000 *км* — и передачи длинноволновой станции. Но на большем расстоянии мы вновь смогли бы услышать передачу коротковолновой станции.

Чем объяснить это явление? Что влияет на «дальнобойность» радиоволн разной длины? Земля и окутывающая ее атмосфера.

Земная атмосфера состоит из трех слоев. Первый слой, верхняя граница которого кончается в 10—12 *км* от поверхности Земли,

называется тропосферой. Над ним, километров до 50, находится второй слой — стратосфера. А выше, примерно до 400 *км* над Землей, простирается третий слой — ионосфера. Она-то и играет решающую роль в распространении радиоволн, особенно коротких.

Воздух в ионосфере сильно разрежен. Под действием солнечных излучений там из атомов газов выделяется много свободных электронов, в результате чего появляются положительные ионы. Происходит, как говорят, ионизация верхнего слоя атмосферы. Ионизированный слой способен поглощать радиоволны и искривлять их путь. В течение суток в зависимости от интенсивности солнечного

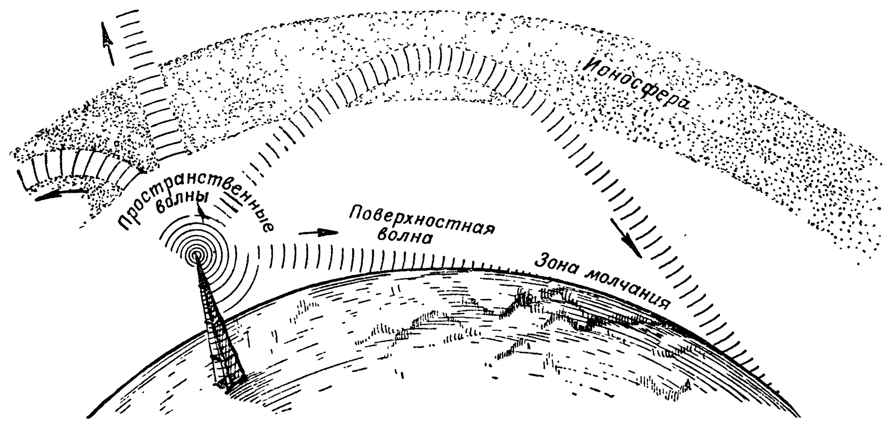


Рис. 25. Пути радиоволн.

излучения число свободных электронов в ионизированном слое, его толщина и высота изменяются, а от этого изменяются и его электрические свойства.

Антенны радиостанций излучают радиоволны как вдоль земной поверхности, так и вверх под различными углами к ней. Волны, идущие первым путем, называют земными или поверхностными, а вторым путем — пространственными (рис. 25).

При приеме станций длинноволнового диапазона используется главным образом энергия поверхностных волн, которые хорошо огибают поверхность Земли. Являясь проводником, Земля поглощает энергию радиоволн. Поэтому по мере удаления от длинноволновой станции громкость приема ее передач постепенно падает и, наконец, прием совсем прекращается.

Средние волны хуже огибают Землю и сильнее, чем длинные, поглощаются ею. Этим-то и объясняется меньшая «дальнобойность» средневолновых радиовещательных станций по сравнению с длинноволновыми. Так, например, передача радиостанции, работающей на

волне длиной 300—400 *м*, может быть услышана на расстоянии, в 2—3 раза меньше, чем передача станции такой же мощности, но работающей на волне длиной 1 500—2 000 *м*. Чтобы повысить дальность действия этих станций, приходится увеличивать их мощность.

Однако в вечернее и ночное время передачи радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов можно слушать на бо́льших расстояниях, чем днем. Дело в том, что излучаемая вверх часть энергии радиоволн этих станций днем бесследно теряется в атмосфере. После же захода Солнца нижний слой ионосферы искривляет их путь так, что они возвращаются к Земле на таких расстояниях, на которых прием этих станций поверхностными волнами уже невозможен.

Электромагнитные волны коротковолновых станций сильно поглощаются Землей и плохо огибают ее поверхность. Поэтому уже в нескольких десятках километров от таких станций их поверхностные волны затухают. Но зато пространственные волны могут быть обнаружены радиоприемниками в нескольких тысячах километрах от них и даже в противоположной точке Земли.

Искривление пути пространственных коротких волн происходит в ионосфере. Войдя в ионосферу, они могут пройти в ней очень длинный путь и вернуться на Землю очень далеко от радиостанции. Они могут совершить кругосветное «путешествие» — их можно принять в том месте, где расположена передающая станция. Этим и объясняется секрет хорошего распространения коротких волн на большие расстояния даже при малых мощностях передатчика.

Но короткие волны имеют и недостатки. Образуются зоны, где передачи коротковолновых станций не слышны. Их называют з о н а м и м о л ч а н и я (рис. 25). Величина зоны молчания зависит от длины волны и состояния ионосферы, которое в свою очередь зависит от интенсивности солнечного излучения.

Ультракороткие волны по своим свойствам наиболее близки к световым лучам. Они в основном распространяются прямолинейно и сильно поглощаются землей, растительным миром, различными сооружениями, предметами. Поэтому уверенный наземный прием УКВ станции возможен главным образом в тех случаях, когда между антеннами передатчика и приемника можно мысленно провести прямую линию, которая по всей длине не встречает каких-либо препятствий в виде гор, возвышенностей, лесов.

Ионосфера же для УКВ подобно стеклу для света прозрачна: УКВ почти беспрепятственно проходят через нее. Поэтому-то УКВ и используют для связи с искусственными спутниками Земли, космическими кораблями и между ними.

Но наземная дальность действия даже мощной УКВ станции не превышает, как правило, 100—200 *км*. Лишь путь наиболее длинных волн УКВ диапазона порядка 8—9 *м* несколько искривляется

нижним слоем ионосферы, который как бы пригибает их к земле. Благодаря этому расстояние, на котором возможен прием УКВ передатчика, может быть большим.

Иногда, однако, передачи УКВ станций слышны на расстояниях в сотни и тысячи километров от них. Радиолюбители помогают ученым раскрыть эти «секреты» ультракоротких волн, как они в свое время помогли изучить свойства коротких волн.

○

ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Путь юного техника к практическому изучению радиотехники обычно начинается с постройки самого простого приемника — детекторного. Советуем и тебе не нарушать эту радиолюбительскую традицию.

Но детекторный приемник, как, впрочем, и многие простые ламповые и транзисторные приемники, которые будут следующим этапом твоего творчества, не будет сколь-либо прилично работать без хорошей антенны и заземления. С них поэтому тебе и придется начать свои первые практические шаги в радиотехнике.

АНТЕННА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ

Слово «антенна» пришло к нам из греческого языка. Греки называли антенной щупальца или усики насекомых.

Приемная антенна — это тоже «щупальца», которыми приемник «захватывает» из пространства энергию радиоволн. Чем больше этой энергии он получит от своей антенны, тем громче он будет работать. Это особенно необходимо для детекторного приемника, который работает исключительно за счет энергии, получаемой из антенны.

Конструкций антенн много. Бóльшая часть из них представляет собой длинные провода, поднятые высоко над землей. Бывают антенны в виде проволочных метелок или рамок на шестах, установленных на крышах. Эти антенны носят название наружных, так как они находятся снаружи зданий. Те же антенны, которые располагаются внутри зданий, называют комнатными или внутренними антеннами. Наружные антенны по своим качествам лучше внутренних.

Тебе, начинающему радиолюбителю, мы рекомендуем соорудить наружную антенну. Однако сначала советуем устроить заземление. Дело в том, что под действием атмосферных разрядов в проводе наружной антенны могут возникать столь значительные электрические заряды, что они будут ощущаться при прикосновении к проводу. Соединив же с землей провод сооружаемой антенны, ты этим будешь отводить заряды в землю.

Заземление. Возможно ближе к окну, через которое предполагаешь вводить провода заземления и антенны, вырой во дворе яму

такой глубины, где земля всегда сохраняет влагу. В яму уложи какой-нибудь металлический предмет, например старое, но не заржавевшее ведро (рис. 26, *а*), лист жести или оцинкованного железа (рис. 26, *б*) размером примерно 50×100 *см*, предварительно припаяв к ним кусок длинной проволоки. Металлический предмет засыпь землей, но осторожно, чтобы не перерубить лопатой провод, выходящий из ямы. Засыпку производи небольшими слоями, тщательно утрамбовывая каждый слой.

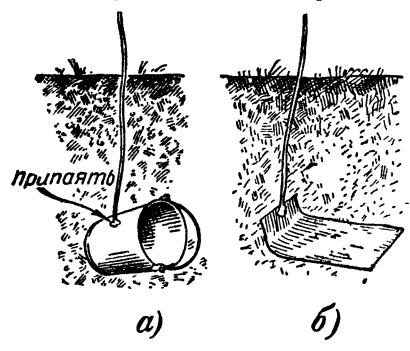


Рис. 26. Устройство заземления.

Провод заземления прикрепи к стене дома скобочками, сделанными из гвоздей или стальной проволоки.

Если ты живешь в городе, то заземлением могут служить трубы водопровода, центрального парового или водяного отопления, так как они имеют контакт (соединение) с землей. Трубу, по возможности ближе к месту установки приемника, зачисть до блеска напильником. Этот участок трубы туго обмотай концом зачищенного медного провода, который пойдет к приемнику. Надежный контакт провода с трубой можно сделать и с помощью металлического хомутика (рис. 27).

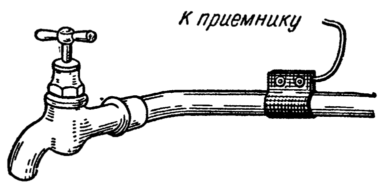


Рис. 27. Водопроводная труба в качестве заземления.

Наружная антенна. Наилучшие результаты даст так называемая Г-образная антенна, напоминающая внешним видом букву «Г» (рис. 28). Она состоит из горизонтального провода длиной 20—40 *м*, подвешенного с помощью опор-мачт на высоте 10—15 *м* над землей, и снижения — провода, свисающего вниз, конец которого подключается к радиоприемнику. Ту часть снижения, которая вводится в дом, называют в в о д о м антенны.

Чем длиннее горизонтальная часть антенны и чем выше над землей она поднята, тем лучше радиоприем.

Для антенны лучше всего применить а н т е н н ы й канатик — многожильный провод, свитый из тонких медных проволочек, или медную проволоку толщиной 1,5—3 *мм*. В крайнем случае можно использовать оцинкованную стальную или железную проволоку такой же толщины. Более тонкая проволока не годится: антенна из нее получится непрочной. Не рекомендуется применять для антенны алюминиевую проволоку, так как на воздухе она весьма быстро становится хрупкой и обрывается.

Горизонтальный луч, снижение и ввод антенны надо делать из целого куска провода. Если нет куска провода необходимой длины, то соединяемые участки проводов зачисть до блеска, прочно скрути и обязательно пропаяй места скруток.

Определяя места подвески горизонтальной части антенны, учитывай возможность использования крыши своего дома или других высоких сооружений. Близко к крышам домов и над деревьями антенну подвешивать не рекомендуется. Если неподалеку проходят провода электрического освещения, горизонтальный луч антенны должен располагаться по возможности перпендикулярно им и подальше от них.

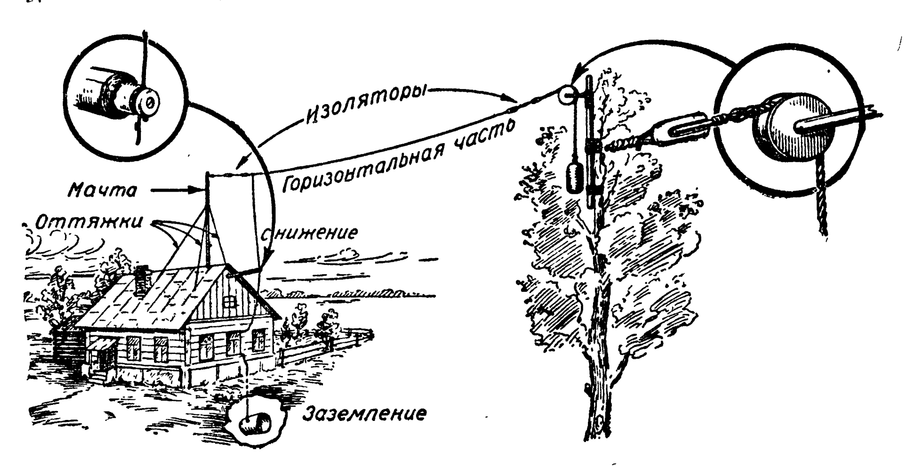


Рис. 28. Наружная Г-образная антенна.

Категорически **запрещается** подвешивать антенну над проводами электрического освещения, телефонными, телеграфными и другими проводами, а также крепить шесты к водосточным, вентиляционным и дымоходным трубам, телефонным столбам, столбам электрического освещения.

В городах обычно приходится устанавливать две мачты: одну — на крыше своего дома, вторую — на крыше соседнего дома. В сельской местности в качестве одной из опор можно использовать высокое дерево.

Для мачт, установленных на крышах домов, нужны шесты высотой 3—4 *м*. Диаметр шестов у основания должен быть 8—10, а у вершины 4—5 *см*.

К шестам, отступая от вершин на 15—20 *см*, прикрепи по три куска стальной проволоки длиной несколько больше длины шестов; они будут оттяжками. На вершине одного из шестов укрепи блок. Пропусти через него прочную веревку, а лучше тонкий металлический трос для подъема горизонтальной части антенны, а в даль-

нейшем для регулировки ее натяжения. Под мачты желательно сделать дощатые опоры — площадки с гнездами для их оснований (рис. 29).

Устанавливать мачты удобнее вдвоем. Один держит мачту в вертикальном положении, другой закрепляет ее оттяжки на костылях или гвоздях, вбитых в крышу. Если кровля железная, оттяжки можно крепить в закроях железа.

Горизонтальная часть антенны подвешивается к мачтам на двух цепочках из антенных изоляторов или фарфоровых «роликах», используемых для комнатной электропроводки. В каждой цепочке должно быть не менее чем по два изолятора (рис. 30). Одна цепочка

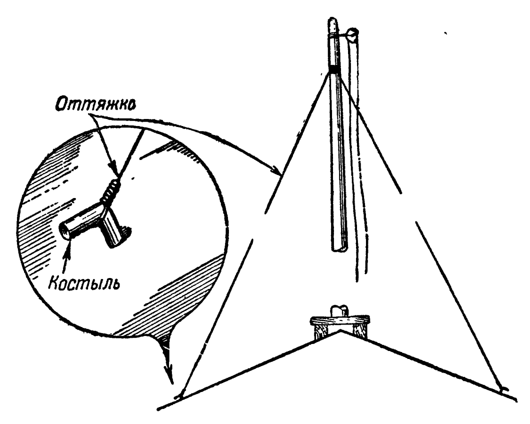


Рис. 29. Крепление мачты антенны на крыше.

крепится к вершине мачты без блока, вторая — к веревке (тросу), перекинутой через блок на второй мачте, а между ними крепится горизонтальная часть антенны. Разматывая провод, не выпускай моток из рук, следи за тем, чтобы на нем не образовывались петли, перегибы. Ту часть провода, которая будет снижением, временно, пока не закончишь подъем и крепление горизонтальной части антенны, соедини с заземлением.

Не рекомендуем обрезать участок снижения, а затем прикручивать его к горизонтальной части антенны — контакт будет ненадежным. А если для снижения приходится использовать отдельный кусок провода, место его скрутки с горизонтальным участком обязательно пропаяй.

Подъем и натяжение горизонтальной части антенны производятся при помощи веревки, перекинутой через блок, а ее свободный конец крепится на гвоздях, вбитых в мачту.

Сильно натягивать антенный провод не следует, так как во время зимних морозов его длина заметно уменьшается, провод натягивается и может оборваться или поломать опоры.

Чтобы снижение не болталось и не соприкасалось с кровлей или другими частями дома, укрепи на стене или на краю крыши шест или брусок с роликом и привяжи к нему провод снижения.

Если в качестве одной опоры для антенны будешь использовать дерево, привяжи к его стволу шест с блоком на конце (см. рис. 28). Свободный конец троса, пропущенный через блок, крепить к стволу не следует — во время ветра качающееся дерево может оборвать провод антенны. К нему надо привязать какой-нибудь груз, например камень. Подбирая вес этого груза, легко добиться необходимого натяжения горизонтального луча антенны.

Если по каким-либо причинам тебе не удастся соорудить Г-образную антенну на двух опорах, сделай антенну в виде наклонного

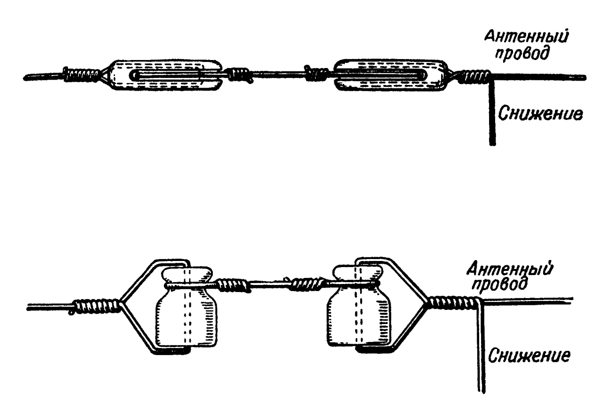


Рис. 30. Цепочки изоляторов.

луча. В этом случае потребуется одна высокая точка подвеса провода, например дерево или соседний дом высотой 10—15 *м*. Второй конец провода крепится на изоляторе возле окна, через которое антенна вводится в дом.

Если дом высокий, а ты живешь на первом или втором этаже, неплохой наружной антенной может быть провод, вертикально или с наклоном свисающий к твоему окну.

Можно также соорудить одномачтовую антенну. Две конструкции такой антенны показаны на рис. 31. В одной из них — р а м о ч н о й — провод длиной 20—40 *м* намотан на фарфоровых роликах, привинченных к крестообразной раме из брусков сечением примерно 30×50 *мм*. Длина брусков около 1 *м*. Ролики располагаются на расстоянии 2—3 *см* один от другого. Рама прибивается к мачте, которая устанавливается на крыше.

Намотка провода на ролики идет от середины рамы. Начало провода крепится на ролике. После намотки провод также закреп-

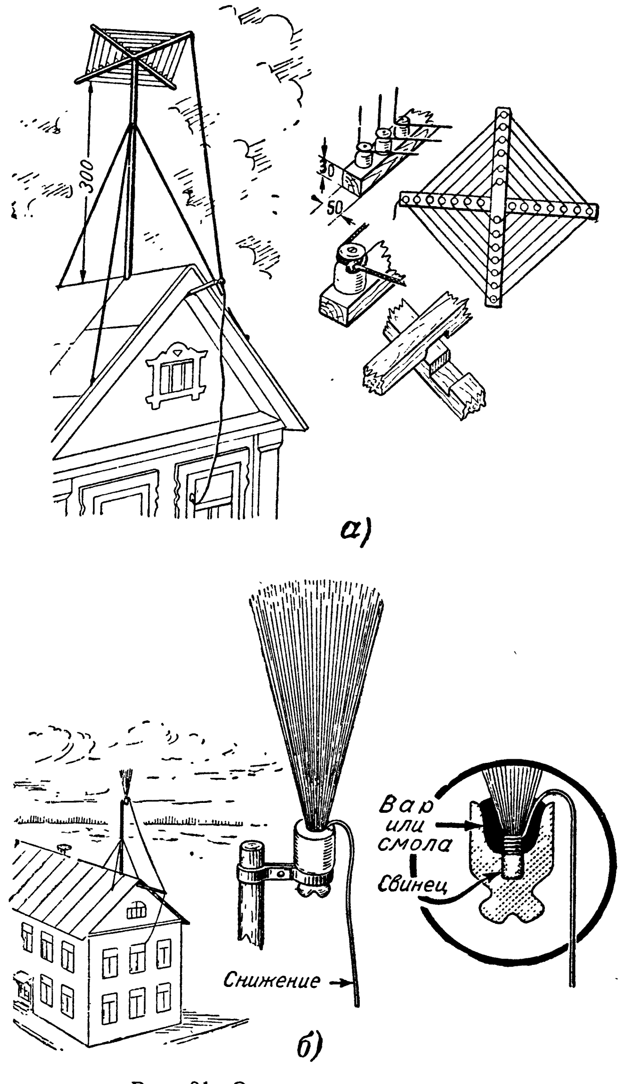


Рис. 31. Одномачтовые антенны.

а — рамочная; *б* — «метелка».

ляется на ролике. Оставшийся свободный конец провода слу снижением.

Другая антенна — «м е т е л к а» — состоит из 40—80 отре голой проволоки толщиной 1,0—1,5 *мм* и длиной по 40—50 Все эти отрезки зачищены с одного конца и туго стянуты ко

провода, предназначенного для снижения. Нижнюю часть «метелки» желательно залить расплавленным свинцом, чтобы обеспечить надежный контакт между отдельными ее прутками. Пучок прутков вставлен в отверстие большого фарфорового изолятора, предназначенного для уличной электропроводки, а затем залит варом или смолой. Свободные концы прутков расправляют наподобие метлы. Изолятор крепится к мачте железным хомутиком или проволокой.

Изолятор можно заменить толстостенным фарфоровым или стеклянным стаканом подходящего диаметра.

Ввод антенны и заземления. Для оборудования ввода наружной антенны, кроме изоляционных материалов, потребуется еще грозовой переключатель — небольшой рубильник с зубчатыми пластинками, образующими искровой промежуток (рис. 32).

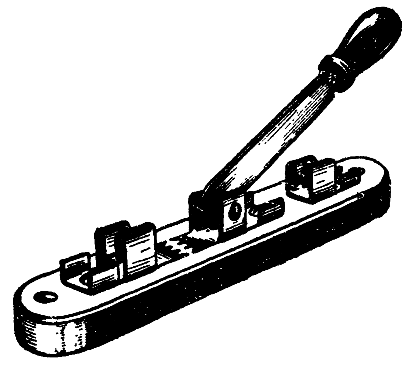


Рис. 32. Грозопереключатель.

Провода снижения и заземления вводятся внутрь комнаты через отверстия, просверленные в стене, оконной колоде или неоткрывающейся раме окна. Отверстия сверлятся с небольшим наклоном в сторону улицы, чтобы через них не могла затекать в комнату дождевая вода. Возможно ближе к этим отверстиям крепится грозовой переключатель (рис. 33).

В отверстие антенного ввода с наружной стороны вставь фарфоровую воронку, а с внутренней — втулку. Вставь в них резиновую, хлорвиниловую или другую изоляционную трубку, а через трубку пропусти в комнату конец снижения. Если нет фарфоровых воронки и втулки, можно обойтись одной изоляционной трубкой.

Ввод заземления сделай без изоляционных материалов, только со стороны комнаты вставь в отверстие втулочку, чтобы не испортить внешнего вида стены.

Ввод антенны укрепи на роликах и, сделав на конце петельку, закрепи ее под верхний зажим грозопереключателя. Ввод заземления прибей к стене проволочными скобочками. На конце его провода тоже сделай петельку и прочно зажми ее под винт ножа грозопереключателя.

Далее заготовь два куска изолированного провода такой длины, чтобы дотянуть их до твоего рабочего места. Подойдет, например, провод, применяемый для электросети.

Концы проводов зачисть от изоляции. Один из них закрепи под нижний свободный зажим грозопереключателя, а другой провод — под его верхний зажим (с которым соединен ввод антенны). Проти-

воположными концами эти провода будут подключаться к приемнику.

Зачем нужен грозопереключатель? Чтобы отводить в землю электрические заряды, возникающие в антенне под действием различных атмосферных явлений.

Когда приемником не пользуются, антенна должна быть заземлена — нож грозопереключателя должен быть установлен в верхнее положение. Перед тем как начать слушать радиопередачи, нож грозопереключателя перекидывают вниз. При этом заземление подключают к приемнику. По окончании радиоприема нож грозопереключателя снова перекидывают в верхнее положение.

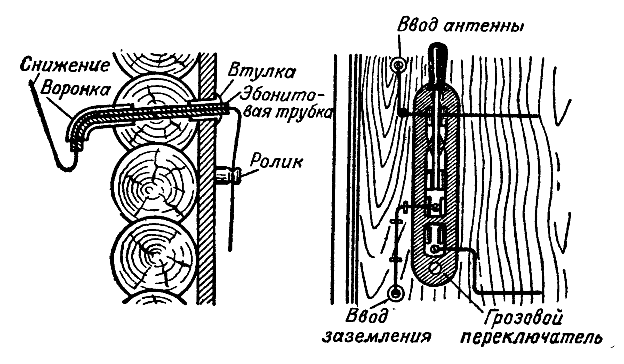


Рис. 33. Устройство антенного ввода и установка грозового переключателя.

Если во время радиоприема в телефонах или громкоговорителе появляются трески, являющиеся признаком приближения грозы (в это время заряды из антенны уходят в землю через искровой промежуток), прием надо прекратить, а антенну заземлить. Приемник перестает работать, а создающиеся в антенне сильные заряды через нож переключателя стекают в землю, не причиняя вреда ни приемнику, ни слушателю.

Этих предосторожностей вполне достаточно, чтобы не иметь неприятностей с антенной во время грозы.

Комнатные антенны. Для приемников, обладающих более высокой чувствительностью, чем детекторные, а иногда и для детекторных приемников, если радиовещательная станция находится недалеко, можно использовать комнатную антенну. Для ее устройства нужно в углах комнаты под потолком привернуть фарфоровые ролики и натянуть между ними изолированный или голый провод. Его можно протянуть вдоль одной, двух, трех или всех четырех стен комнаты. Один из концов провода идет вниз, к приемнику.

Такая антенна будет тем лучше, чем длиннее ее провод и чем выше над землей находится комната.

Можно сделать спиральную комнатную антенну (рис. 34). Она представляет собой изолированный или голый провод длиной несколько десятков метров, свитый в спираль на круглой болванке. Спираль подвешивается на шнуре между стенами комнаты. Снижение к радиоприемнику можно сделать от любого конца или витка спирали.

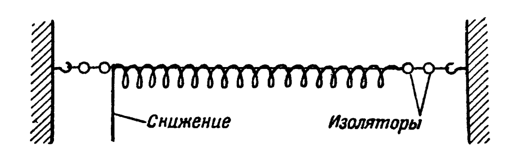


Рис. 34. Устройство спиральной комнатной антенны.

Грозопереключатели для комнатных антенн не нужны.

Заменители антенн. Не только в антенных проводах, но и во всех проводниках радиоволны возбуждают токи высокой частоты. Они возбуждаются в проводах электрического освещения и телефонов, в железных крышах, металлических кроватях. Все эти предметы могут быть использованы в качестве антенны. Правда, прием на подобные заменители антенн всегда будет слабее, чем на наружную антенну.

Как правило, лучший прием получается на электрические провода, если они подвешены на столбах на открытой, не гористой и не лесистой местности. Хорошие результаты получаются и при приеме «на крышу», если она не имеет соединения с землей.

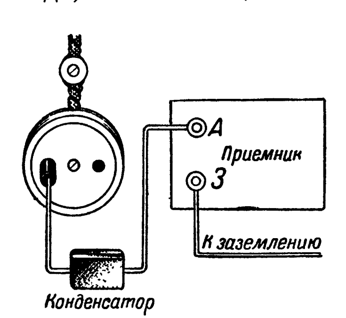


Рис. 35. Использование проводов электросети вместо антенны.

Если в качестве антенны будешь использовать электрические провода, приемник должен присоединяться к ним только через разделительный конденсатор (рис. 35). В качестве его можно применить слюдяной или керамический конденсатор емкостью 300—500 пикофарад [1]. Один его вывод припаяй к однополюсной вилке. Ее ты будешь вставлять в гнездо штепсельной розетки. Ко второму выводу конденсатора припаяй кусок изолированного провода; его свободный конец будет подключаться к приемнику вместо антенны. Все оголенные участки выводов конденсатора и места паек обмотай изоляционной лентой.

В какое из гнезд штепсельной розетки включать конденсатор, нужно установить опытным путем. Иногда от этого зависит громкость работы приемника.

---

[1] Пикофарада — единица измерения электрической емкости. В дальнейшем вместо длинного слова «пикофарада» мы будем писать сокращенно: *пф.*

Зачем нужен разделительный конденсатор? Может быть, можно обойтись без него? Нет! Без конденсатора использовать электросеть вместо антенны нельзя! И вот почему. В сети течет 50-периодный ток сравнительно высокого напряжения. Это напряжение существует как между двумя проводами сети, так и между каждым из проводов и землей. Если приемник окажется присоединенным к сети без этого конденсатора, через приемник в землю вместе с высокочастотными колебаниями пойдет и ток промышленной частоты. Приемник может испортиться, а слушатель — получить электрический удар. Конденсатор же оказывает очень большое сопротивление этому току, но хорошо пропускает к приемнику высокочастотные колебания, индуцируемые в проводах электросети, и тем самым избавляет от неприятностей.

Когда приемником не пользуются, разделительный конденсатор рекомендуется отключать от осветительной сети.

ТВОЙ ПЕРВЫЙ РАДИОПРИЕМНИК

Нередко начинающий радиолюбитель собирает свой первый детекторный радиоприемник по первому попавшемуся описанию, подчас не вполне понимая, что он делает. В результате он допускает ошибки, и приемник не работает. «Надо переделать», — решает юный конструктор. Переделывает приемник заново, но и новый приемник молчит. А с неудачей приходит разочарование, неверие в свои силы.

Чтобы этого с тобой не случилось, проведи для начала несколько опытов.

Детекторный приемник обычно собирают в ящичке или на дощечке, называемой п а н е л ь ю. Такой радиоприемник ты тоже сможешь потом построить. Но сейчас мы рекомендуем тебе заняться сборкой детекторного приемника в развернутом виде. Детали при этом понадобятся те же, что и для обычного приемника, и работать он будет так же, но его схема будет лежать на столе. Такие схемы называют «летучими схемами». Главное достоинство этих схем заключается в том, что в них легко делать любые изменения и дополнения, исправлять ошибки простым пересоединением проводников.

Проведенные опыты помогут тебе понять принцип работы нескольких схем детекторных приемников, получить первые практические навыки конструирования радиотехнических устройств.

Основные радиодетали, необходимые для опытов, показаны на рис. 36. Слева — к а т у ш к а и н д у к т и в н о с т и, составляющая вместе с антенной и заземлением колебательный контур будущего приемника. С ее помощью ты будешь настраивать приемник на волны радиостанций. Справа — электромагнитные головные телефоны типа ТОН-1, или, как их иногда называют, «радионаушники».

Между катушкой и головными телефонами находится детектор — полупроводниковый прибор для преобразования модулированных колебаний высокой частоты в колебания звуковой частоты. Им может быть любой точечный полупроводниковый диод, например типа Д2, Д9.

Кроме того, потребуются конденсатор постоянной емкости 1 000—3 000 *пф*, зажимы или колодочки со штепсельными гнездами и некоторые другие детали.

Катушку индуктивности ты сделаешь сам. Головные телефоны и детектор надо купить. Конденсатор, зажимы и колодочки с гнез-

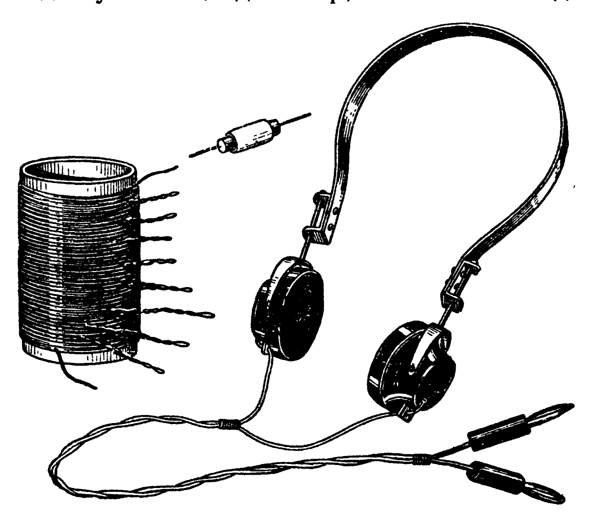


Рис. 36. Основные детали и устройства для опытов.

дами лучше купить готовые, но их можно сделать самому, о чем будет рассказано в одной из следующих бесед.

Катушка индуктивности, которую тебе предстоит изготовить (рис. 37), нужна будет не только для опытов. Поэтому делай ее прочно и аккуратно.

Каркас катушки склей из плотной, например чертежной, бумаги или картона (лучше всего из тонкого глянцевитого, называемого электротехническим картоном или прессшпаном). Он должен иметь в диаметре 65—75 *мм*, быть жестким, чтобы не мялся и не коробился при намотке катушки. На каркасе нужно будет намотать катушку из медного провода диаметром 0,3—0,5 *мм* в эмалевой, хлопчатобумажной или какой-либо другой изоляции. Очень важно, чтобы изоляция провода была неиспорченной, иначе между витками может возникнуть замыкание, что ухудшит работу приемника.

Длина каркаса зависит от диаметра имеющегося провода: чем толще провод, тем длиннее каркас. Каркас должен быть таким, чтобы на нем уложилось 250 витков провода и чтобы по его краям остава-

лись свободные от намотки участки по 10—12 *мм*. На рис. 37 указана длина каркаса для катушки, намотанной проводом в эмалевой изоляции диаметром 0,5 *мм* (ПЭЛ 0,5). Если у тебя будет более тонкий провод, например диаметром 0,3 *мм*, длину каркаса можно сделать около 100 *мм*.

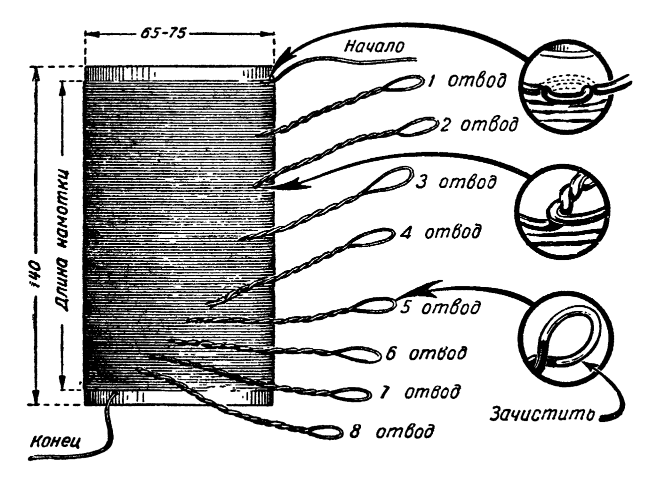


Рис. 37. Катушка индуктивности.

Прежде чем заготавливать выкройку каркаса, советуем подсчитать длину будущей катушки. Это особенно необходимо сделать, если не знаешь диаметра имеющегося у тебя провода. Для этого намотай на карандаш плотно один к другому 25 витков провода и измерь линейкой длину намотки (рис. 38). Чтобы узнать, сколько места займут 250 витков, полученное число миллиметров умножь на 10. Прибавь 20—25 *мм*, необходимых для свободных от намотки краев каркаса. Получится требуемая длина каркаса в миллиметрах.

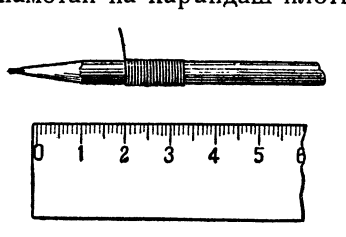


Рис. 38. Определение длины намотки провода.

Для склейки каркаса можно использовать любой клей: марки БФ-2 (продается в магазинах хозяйственных товаров), казеиновый, столярный, декстриновый, конторский. А чтобы каркас имел правильную цилиндрическую форму, склеивай его на круглой деревянной болванке или бутылке подходящего диаметра (рис. 39).

Болванку оберни одним-двумя слоями тонкой бумаги, чтобы к ней не приклеился готовый каркас. Заготовь из плотной бумаги полоску, ширина которой равна длине каркаса. Длина полоски должна быть такой, чтобы ею можно было обернуть болванку 3—

4 раза. Сначала закатай болванку в полоску на один оборот. Затем оставшуюся часть полоски намажь тонким и ровным слоем клея и плотно закатай в нее болванку. Чтобы слои бумаги хорошо склеивались, оберни каркас несколькими слоями бумаги и сверху обмотай веревкой или тряпичными полосками.

Каркас должен сохнуть на болванке в теплом месте примерно сутки. По истечении этого времени освободи каркас от стягивающих веревок и бумаги, подрежь его края острым ножом, осторожно сними с болванки и снова подсуши, чтобы он стал совершенно жестким.

Таким же способом склеивай каркас из более толстого картона, но только в два-три слоя. Перед склеиванием на концах картонной

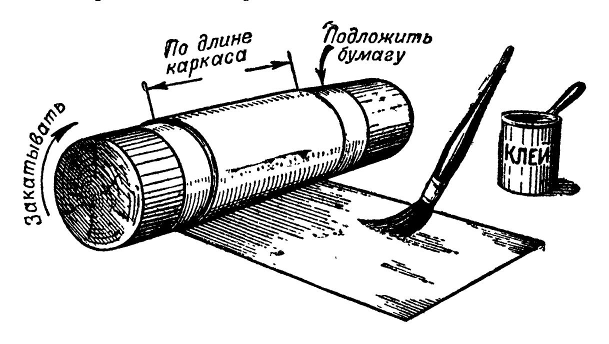


Рис. 39. Изготовление каркаса из плотной бумаги или тонкого картона.

полосы сделай острым ножом косые срезы, чтобы на готовом каркасе не получилось заметных рубцов.

Готовый каркас зачисть мелкой шкуркой и приступай к намотке катушки.

Отступив от края на 10—12 *мм*, сделай в каркасе шилом два прокола и закрепи в них конец провода, как показано на рис. 37. Это будет начало катушки. Намотав на каркас ровным плотным рядом 50 витков, сделай первый отвод. Для этого, не обрывая провода, сделай петлю длиной 120—150 *мм* и скрути ее. Более прочное крепление отвода получится путем пропускания петли через два прокола, как закреплен провод начала катушки. Продолжая наматывать провод в ту же сторону, сделай таким же способом отводы от 100-го, 150-го и 200-го витков, т. е. через каждые 50 витков. Начиная с 200-го витка, отводы делай через каждые 10 витков, т. е. от 210-го, 220-го, 230-го и 240-го витков. Последний, 250-й, виток закрепи так же, как и начало катушки. Это будет конец катушки.

У тебя получилась цилиндрическая однослойная катушка с отводами. Ряды витков между отводами, а также между крайними отводами, началом и концом катушки,

называют ее **секциями**. В твоей катушке девять секций: четыре секции по 50 витков и пять секций по 10 витков.

Готовую катушку внимательно осмотри. Если где-либо обнаружишь попорченную изоляцию, раздвинь в этом месте витки и залей их лаком.

Бывает, что во время намотки провод обрывается или одного мотка не хватает на всю катушку. В этом случае концы провода, которые нужно срастить, должны быть очищены от изоляции и крепко скручены (рис. 40). Скрутку желательно пропаять и обязательно обмотать изоляционной лентой. Если соединение приходится около отвода, то лучше не жалеть нескольких витков провода и сделать его в петле.

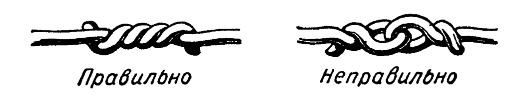


Рис. 40. Сращиваемые концы провода зачищают от изоляции и скручивают.

Зачисть от изоляции концы выводов и отводов катушки, только осторожно, чтобы не порвать провод, и приступай к первому опыту.

Начало катушки *Н* (рис. 41) соедини с одним из выводов детектора, а конец катушки *К* — с одной из контактных ножек шнура

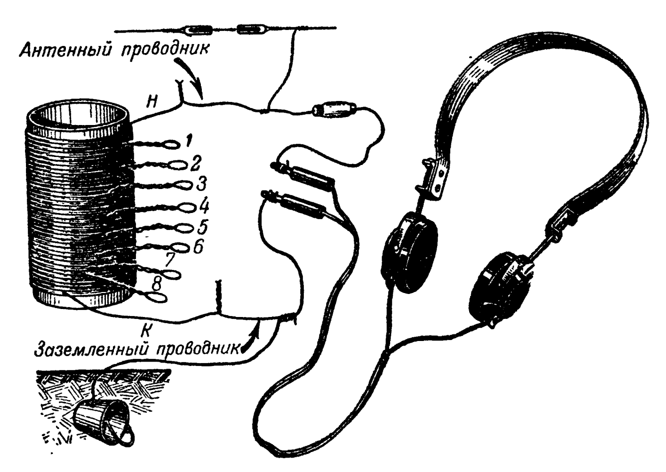


Рис. 41. Соединение деталей для первого опыта.

телефона. Оставшиеся свободными выводы детектора и телефона соедини куском провода.

К проводнику, идущему от начала катушки к детектору, прочно прикрути провод антенны, предварительно зачистив конец его от изоляции. Этот проводник приемника мы будем называть антенным. Во время опытов его придется переключать с одного вывода катушки на другой, не изменяя при этом соединения антенны с детектором.

К проводнику, соединяющему конец катушки с телефоном, прикрути провод заземления. Будем называть его заземленным проводником.

Совершим «прогулку» по цепям получившегося приемника. От начала катушки *Н* по антенному проводнику мы попадаем к детектору, а от него — к телефонам. Через них и далее по заземленному проводнику и через все витки катушки приходим к отправной точке *Н*. Получилась замкнутая электрическая цепь, составленная из катушки, детектора и телефона. Эту цепь называют детекторной цепью. Если в этой цепи где-либо будет обрыв, плохой контакт между деталями, например непрочная скрутка, цепь окажется разорванной и приемник работать не будет.

Кратчайший путь из антенны в землю лежит через катушку. По этому пути пойдет ток высокой частоты, возбуждаемый в антенне радиоволнами. Этот ток создаст на концах катушки напряжение высокой частоты, которое вызовет ток такой же частоты и в детекторной цепи.

Цепь, состоящую из антенны, катушки и заземления, называют антенной цепью или антенным контуром. Обращаем внимание на то, что катушка входит как в детекторную, так и в антенную цепи.

А теперь, познакомившись со схемой приемника, надень на голову телефон, прижми плотнее к ушам, прислушайся. Возможно, что сразу ты ничего не услышишь, даже при заведомо хороших антенне и заземлении, предварительно проверенных детекторе и телефоне. Это потому, что приемник, видимо, не настроен на радиовещательную станцию, хорошо слышимую в вашем районе, или ты попал в перерыв передачи. Настройка такого приемника осуществляется изменением числа витков катушки, включаемых в антенный контур.

На рис. 41 в этот контур включены все 250 витков катушки. Но если антенный проводник отсоединить от начала катушки и присоединить, например, к отводу *1*, то в контур будет включено уже не 250, а 200 витков. Если же этот проводник переключить на отвод *3*, в контур будет включено 100 витков. При переключении его на отвод *4* в антенный контур будет включено 50 витков. При этом верхние секции окажутся не включенными в контур и в работе приемника не участвуют.

Настройка переключением антенного проводника происходит «скачками» по 50 витков. Это — грубая настройка приемника. Более плавная настройка производится «скачками» по 10 витков переключением заземленного проводника.

Таким образом, переключением антенного и заземленного проводников мы имеем возможность включать в контур 10, 20, 30, 40 и т. д. до 250 витков через 10 витков. Например, соединив антенный проводник с отводом *1*, а заземленный — с отводом *7*, мы включим в контур 180 витков. Чтобы включить в контур 60 витков, нужно

антенный проводник подключить к отводу *3*, а заземленный — к отводу *5*.

Запомни: чем больше длина волны радиовещательной станции, на которую ты желаешь настроить приемник, тем большее число витков катушки должно быть включено в антенный контур.

Твой приемник можно настраивать на радиовещательные станции, работающие на волнах длиной примерно от 300 до 2 000 *м*, т. е. на любую радиовещательную станцию средневолнового и длинноволнового диапазонов. Но, разумеется, не всякую станцию ты можешь услышать. Очень отдаленные станции на детекторный приемник слышны не будут.

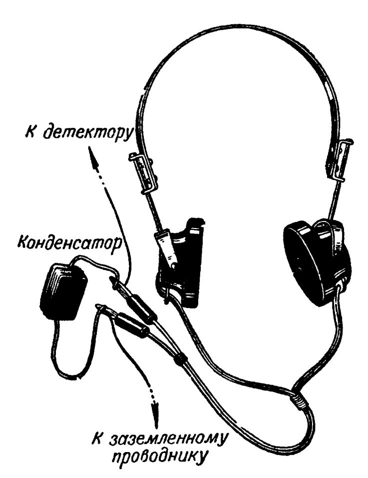


Рис. 42. Параллельно головным телефонам присоединен блокировочный конденсатор.

Теперь займись настройкой приемника. Сначала произведи «грубую» настройку путем последовательного переключения антенного проводника от начала катушки *Н* до отвода *4*. А когда услышишь сигналы радиостанции, добейся наибольшей громкости приема путем присоединения заземленного проводника сначала к отводу *8*, затем к отводу *7* и так до отвода *5*. Одновременно следи, чтобы отводы катушки и соединительные проводники не соприкасались, а скрутки были прочными. Иначе приемник совсем не будет работать или в телефоне будут слышны трески, шорохи, мешающие приему. Настроившись на одну станцию, запомни число витков, которое включено. Потом «ищи» таким же путем другую, третью станции.

Мы надеемся, что ты добился некоторого успеха. Теперь попробуй улучшить работу приемника. Не изменяя настройки приемника, присоедини параллельно телефону конденсатор, называемый в данном случае блокировочным (рис. 42). Емкость блокировочного конденсатора может быть в пределах от 1 000 до 3 000 *пф*. При этом громкость звучания в телефоне должна несколько увеличиться.

Если радиовещательные станции расположены более чем в 150—200 *км* от того места, где ты живешь, включи блокировочный конденсатор в самом начале опыта.

Способ настройки приемника скачкообразным изменением индуктивности катушки очень прост и при приеме местных радиовещательных станций достаточно хорош. Однако настройка приемника может осуществляться другими способами, например с помощью конденсатора переменной емкости.

Для удобства проведения опыта с приемником с настройкой конденсатором переменной емкости, а также последующих опытов, на фанерной дощечке размером примерно 20×50 *мм* смонтируй колодочку со штепсельными гнездами, два зажима, детектор и блокировочный конденсатор, соединив их под дощечкой, как показано на рис. 43. Заметим, что зажимы называют также клеммами.

Колодочку с гнездами устанавливай на дощечке так: просверли в ней два отверстия диаметром 6—8 *мм* с расстоянием 20 *мм* между центрами и вставь в них «хвосты» штепсельных гнезд. Колодочку укрепи на дощечке шурупами или маленькими болтиками.

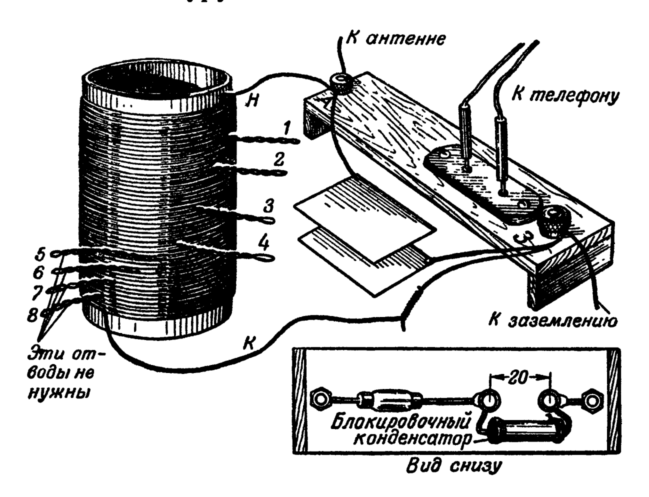


Рис. 43. Приемник с конденсатором переменной емкости.

Начало катушки и антенну подключи к зажиму, с которым соединяется детектор, а ко второму зажиму подключи конец катушки и заземление. Отводы *5*, *6*, *7* и *8* катушки сейчас не нужны — отогни их временно.

Теперь тебе потребуются две металлические пластины размером примерно 150×200 *мм* (рис. 43), которые будут выполнять роль конденсатора переменной емкости. К углам пластин присоедини, а лучше припаяй, по проводнику длиной 250—300 *мм*. При помощи этих проводников одну пластину соедини с зажмом антенны, а другую — с зажимом заземления. Вместо пластин можно взять две крышки от больших алюминиевых кастрюль.

Положи пластины на стол одну возле другой, но так, чтобы они не соприкасались, и настрой приемник на радиостанцию переключением заземленного проводника. Теперь поднеси заземленную пластину к пластине, соединенной с антенной. Если громкость будет увеличиваться, сближай пластины и, наконец, положи одну пла-

стину на другую, проложив между ними лист сухой бумаги (чтобы не было электрического контакта). Найди такое расположение их, при котором создастся точная настройка. Если же при сближении пластин громкость приема будет уменьшаться, переключи заземленный проводник на соседний ближний к концу катушки отвод и вновь сближай пластины, добиваясь наилучшей настройки.

В этом опыте грубая настройка приемника осуществлялась изменением индуктивности катушки путем переключения секций, а точная — изменением емкости конденсатора.

Запомни: индуктивность катушки и емкость конденсатора при настройке приемника на радиостанцию зависят одна от другой. Одну и ту же радиостанцию можно слушать при включении в антенный контур приемника большего числа витков, т. е. большей индуктивности катушки, но при меньшей емкости конденсатора, либо при меньшей индуктивности катушки, но большей емкости конденсатора.

Проделай еще несколько опытов. Настрой приемник любым из знакомых тебе способов и введи внутрь катушки металлический предмет, например ложку. Что получилось? Громкость работы приемника немного изменилась — увеличилась или, наоборот, ослабла. Введи в катушку еще две-три ложки. Громкость еще больше изменится. Вынь ложки, и громкость станет прежней.

Теперь, не вынимая ложек из катушки, добейся наибольшей громкости приема переключением секций катушки. Затем медленно извлекай ложки из катушки — громкость работы приемника будет плавно изменяться. Опытным путем вновь можно найти такое положение металлического предмета в катушке, когда настройка будет точной.

Проделав этот опыт, можно сделать вывод, что металлический предмет, помещенный в катушку, влияет на настройку приемника. Такой способ настройки в твоей практике еще встретится, но более совершенный, чем с помощью ложек.

Попробуй включить между антенной и приемником конденсатор переменной емкости. При этом ты сможешь настраивать приемник, переключая секции катушки и изменяя емкость конденсатора.

А теперь сделай так: антенну и заземление отключи от приемника и включи между ними детектор, а параллельно детектору присоедини телефон без блокировочного конденсатора. Вот и весь приемник. Работает? Тихо, вероятно? А, может быть, одновременно слышны две станции? От такого приемника ожидать лучшего не следует.

Ты, вероятно, заметил такое явление: когда дотрагиваешься рукой до деталей или соединительных проводников, громкость приема немного изменяется. Это объясняется расстройкой антенного контура вносимой в него электрической емкостью твоего тела.

СХЕМА ТВОЕГО ПРИЕМНИКА

Соединяя детали приемника, ты пользовался рисунками. На них катушка, телефон, детектор и другие детали и соединения ты видел такими, какими они выглядят в натуре. Это очень удобно для начала, пока приходится иметь дело с совсем простыми радиоконструкциями, в которые входит мало деталей. Но если бы мы попытались изобразить таким способом устройство современного приемника, то получилась бы такая «паутина» проводов, в которой невозможно было бы разобраться.

Чтобы этого избежать, любой электроприбор или радиоаппарат изображают схематически, т. е. при помощи упрощенного чертежа — схемы.

Подобные способы изображения применяют не только в радиотехнике и электронике. Посмотри на географическую карту. Судоходная могучая красавица Волга со всеми ее грандиозными сооружениями изображена на карте извивающейся змейкой. Такие крупные города, как Москва, Ленинград, Куйбышев, Владивосток и др., показаны всего лишь кружками. Леса, равнины, горы, моря, каналы изображены на географической карте тоже упрощенно — схематически.

В радиотехнике существуют два вида схем: принципиальные и монтажные.

Принципиальная схема условно изображает все детали радиотехнического устройства и порядок их соединения. Но она не дает представления о размерах и размещении деталей.

Монтажная схема в отличие от принципиальной показывает, как расположены в конструкции детали и соединительные проводники. Собирая приемник, усилитель или любой другой радиоаппарат или прибор, радиолюбитель располагает детали и проводники примерно так, как на монтажной схеме. Но монтаж и проверка правильности всех соединений производятся только по принципиальной схеме.

Уметь читать радиосхемы совершенно обязательно для каждого, кто хочет стать радиолюбителем.

На рис. 44 ты видишь уже знакомые тебе детали и устройства и некоторые другие вещи, с которыми придется иметь дело в дальнейшем. А рядом в кружках — их символические изображения на принципиальных схемах [1].

Эти условные графические обозначения в большинстве случаев до некоторой степени отображают конструкцию этих деталей и устройство. Например, любую катушку индуктивности независимо от числа витков в ней изображают на схеме в виде волнистой линии. Отводы катушек показывают черточками. Конденсаторы постоянной

---

[1] Здесь и далее даются условные графические обозначения, введенные Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов в 1964 г.

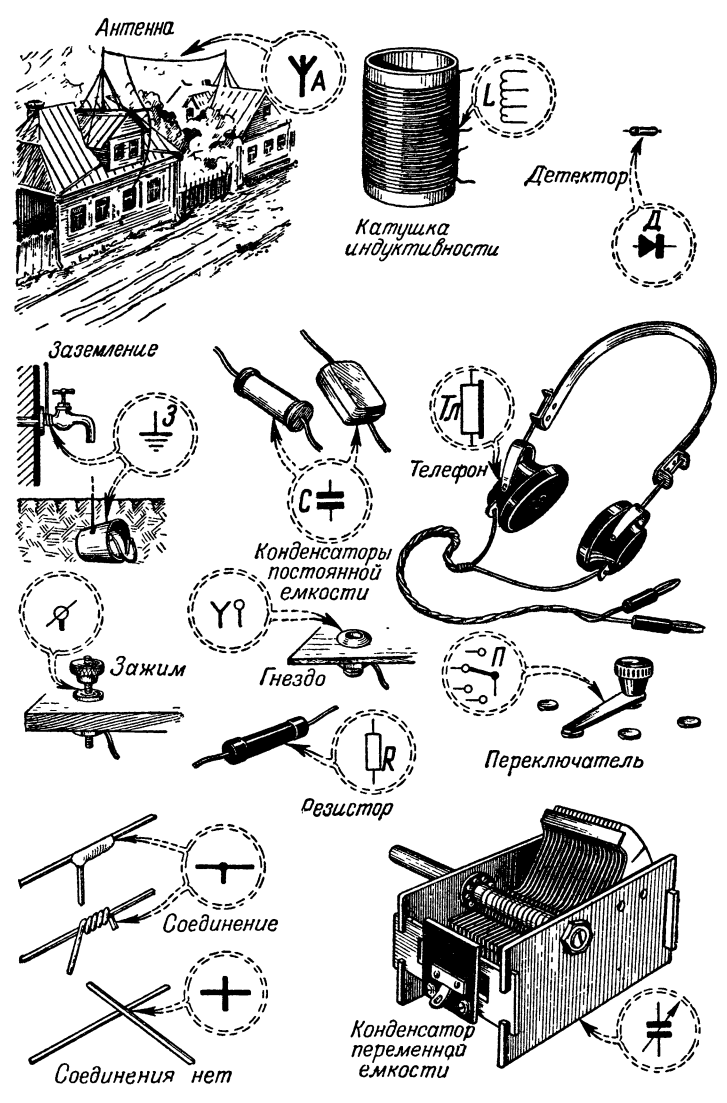


Рис. 44. Условные графические обозначения деталей на принципиальных схемах.

емкости изображают двумя короткими параллельными толстыми линиями, символизирующими две изолированные друг от друга пластины. Конденсаторы переменной емкости изображают так же, как и конденсаторы постоянной емкости, но пересеченными наискось стрелкой.

Гнезда для включения телефона или иных деталей показывают кружками или угольниками, зажимы — кружками, пересеченными черточками.

Соединительные проводники всегда обозначают прямыми линиями. Если линии сходятся и в месте их пересечения стоит точка, значит проводники соединены. Отсутствие точки в месте пересечения проводников говорит о том, что они не соединены.

На принципиальных схемах рядом с символическими обозначениями иногда ставят буквы, присвоенные этим деталям или устройствам. Так, например, рядом с обозначением телефона могут стоять буквы *Тл*, около детектора — буква *Д*. Конденсаторам присвоена латинская буква *C*, резисторам [1] — латинская буква *R*, катушкам индуктивности — латинская буква *L*. Если на схеме несколько конденсаторов, катушек, резисторов или других деталей, то их нумеруют: рядом с буквой ставят цифру внизу, например: C_1, C_2, L_1, L_2, R_1, R_2.

Иногда на схемах не показывают антенну, заземление, телефон, ограничиваясь только обозначениями зажимов или гнезд для их подключения. Тогда возле этих зажимов или гнезд ставят соответствующие буквы: *А*, *З*, *Тл*.

Новой для тебя деталью, изображенной на рис. 44, является п е р е к л ю ч а т е л ь, обозначенный буквой *П*. Переключатель — устройство, упрощающее управление приемником, прибором. Вместо того чтобы при настройке приемника раскручивать и скручивать проводники, как ты это делал, проводя опыты, выводы и отводы катушки можно соединить с металлическими контактами, размещенными на панели приемника, и в дальнейшем переключение их производить простой перестановкой ползунка переключателя.

Зная условные обозначения деталей, мы можем все опытные приемники изобразить их принципиальными схемами, которыми ты можешь воспользоваться для постройки этих приемников.

Принципиальная схема, общий вид и монтажная схема одной из возможных конструкций твоего первого опытного приемника показаны на рис. 45.

Напомним: во время первого опыта ты настраивал приемник переключением двух проводников — антенного и заземленного. Поэтому в схему введены два переключателя: $П_1$ и $П_2$.

Вспомни нашу «прогулку» по цепям приемника и соверши ее еще раз, но уже по принципиальной схеме. От начала катушки *Н* через ползунок переключателя $П_1$ ты попадешь к детектору и через него — к телефону, далее через телефон по заземленному проводнику, переключатель $П_2$ и витки катушки *L* — к исходной точке *Н*. Это — детекторная цепь. Для токов высокой частоты путь из антенны в землю идет через переключатель $П_1$, витки катушки и далее через переключатель $П_2$. Это — антенный контур. Переключатель

[1] Резисторы раньше называли сопротивлениями.

$П_1$ предназначен для грубой настройки, переключатель $П_2$ — для более точной настройки.

Блокировочный конденсатор $С_{бл}$, как видно из принципиальной схемы, включен параллельно телефону.

Кроме этих знакомых тебе деталей, на схеме показан пунктиром конденсатор $С_а$. Его в приемнике как детали нет. Но эта емкость присутствует — она образуется антенной и заземлением и вместе с ними как бы подключается к приемнику и входит в его колебательный контур.

Отвод *4* катушки соединяется с двумя контактами обоих переключателей. Это необходимо для того, чтобы в контур можно было включить число витков меньше 50.

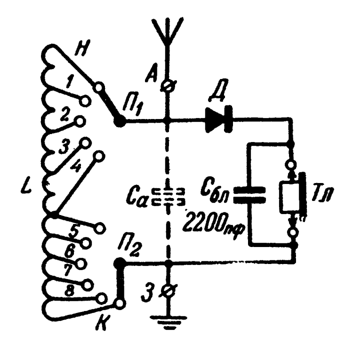


Рис. 45. Детекторный радиоприемник с секционированной катушкой.

В этом случае ползунок переключателя $П_1$ устанавливается на контакт, соединенный с отводом *4*, а переключателем $П_2$ подбирается число витков, соответствующее настройке приемника на волну радиостанции. Если ползунки обоих переключателей установить на контакты, соединенные с отводом *4*, то антенна окажется заземленной.

Приемник собирай на куске фанеры размером примерно 120×200 *мм*. Снизу по краям прибей к ней брусочки высотой по 20—25 *мм*, которые будут служить стоечками. Сверху на панели будут находиться катушка, переключатели, гнезда для включения телефона, зажимы антенны и заземления, под панелью — детектор и все соединения деталей.

Крепить катушку можно по-разному, например при помощи двух-трех уголков, изготовленных из жести или другого листового

металла толщиной 0,5—0,8 *мм*. Или можно выпилить из фанеры кружок по внутреннему диаметру катушки, приклеить или прибить его к панели, а затем насадить на него каркас катушки.

Отводы, начало и конец катушки пропусти через отверстия под панель, а их зачищенные концы соедини с контактами переключателей. Зажим антенны соедини проводником с ползунком переключателя $П_1$. Между этим соединительным проводником и одним гнездом телефона включи детектор. Другим куском монтажного провода соедини зажим заземления, ползунок переключателя $П_2$ и второе гнездо телефона. Параллельно гнездам, предназначенным для включения телефона, припаяй блокировочный конденсатор $C_{бл}$. Чтобы не перепутать зажимы и переключатели, обозначь их соответствующими надписями.

Приемник готов. Проверь прочность всех соединений и их правильность по принципиальной схеме, включи телефон, присоедини антенну и заземление и приступай к испытанию приемника.

Если на приемник смотреть со стороны гнезд телефона, то справа от тебя окажутся зажим антенны и переключатель $П_1$, а слева — зажим заземления и переключатель $П_2$. При этом чем дальше от тебя будут находиться концы ползунков переключателей, тем на более длинную волну будет настроен приемник.

Может случиться, что радиостанции, работающие на волнах длиной около 2 000 *м*, будут слышны слабо даже тогда, когда в контур включены все 250 витков катушки. В этом случае между зажимами антенны и заземления придется включить дополнительный конденсатор постоянной емкости. Емкость его может быть в пределах от 100 до 270 *пф*. Вмонтируй в приемник конденсатор такой емкости, при котором будет хорошо слышна самая длинноволновая радиостанция.

Ты можешь внести изменения в конструкцию приемника. Если, например, захочешь сделать его в ящичке, катушку укрепи под панелью, со стороны монтажа. При этом панель будет служить крышкой ящичка.

Проведя второй опыт, ты ввел в приемник конденсатор переменной емкости. При этом бóльшая часть отводов катушки оказалась ненужной. Преимущество такого приемника — плавная и более точная и простая, чем у предыдущего, настройка на волну радиостанции.

Принципиальную схему такого приемника с небольшими дополнениями ты видишь на рис. 46. Здесь же показана примерная монтажная схема, которой ты можешь воспользоваться, если решишь строить приемник с конденсатором переменной емкости.

Колебательный контур этого приемника состоит из катушки L, имеющей один отвод, конденсатора переменной емкости C_2 и антенного устройства. Включение в контур одной верхней секции катушки соответствует приему радиостанций средневолнового диапазона, а обеих секций, когда в контур включены все витки катуш-

ки, — приему радиостанций длинноволнового диапазона. Таким образом, в приемнике переход с одного диапазона на другой осуществляется переключателем *П*, а плавная настройка в каждом диапазоне — конденсатором переменной емкости.

Между приемником и антенной включен конденсатор C_1 емкостью порядка 60—100 *пф*. Подобным образом во время третьего опыта ты включал в эту цепь конденсатор переменной емкости и с помощью его настраивал приемник. Здесь же мы рекомендуем конденсатор постоянной емкости. Зачем он нужен?

Мы уже говорили, что провод антенны и заземление образуют конденсатор, емкость которого независимо от нашего желания входит в контур приемника и, естественно, влияет на его настройку.

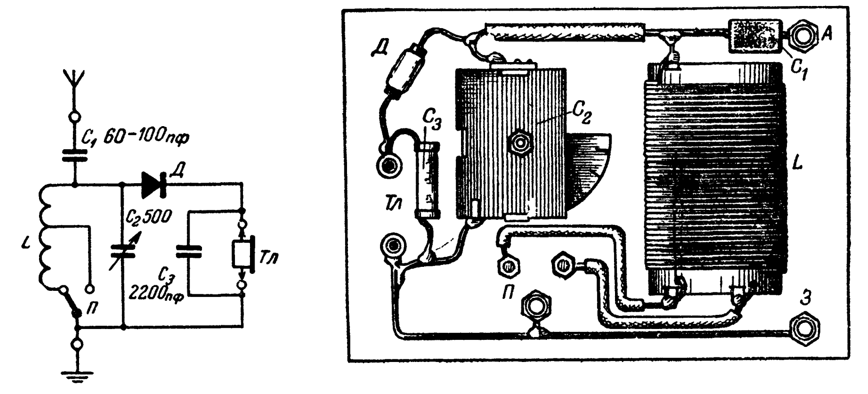


Рис. 46. Детекторный радиоприемник с конденсатором переменной емкости.

Включая же между антенной и приемником конденсатор сравнительно небольшой емкости, мы ослабляем влияние емкости антенного устройства на настройку приемника. Правда, громкость приема при этом немного ослабевает, зато приемник становится более избирательным — повышается его способность лучше отстраиваться от соседних по длине волны радиостанций. Чем меньше емкость антенного конденсатора, тем лучше избирательность приемника, тем острее настройка его.

Наибольшая емкость конденсатора настройки C_2 должна быть примерно 500 *пф*. Его группа подвижных пластин соединяется с заземленным проводником, а неподвижная — с антенным проводником. Конец оси подвижных пластин выступает с лицевой стороны панели. Насади на него ручку со стрелкой, а против стрелки наклей на панель бумажный полукруг с делениями — шкалу настройки.

Все отводы секционированной катушки, кроме отвода *1*, идущего от 50-го витка, изолируй (на рис. 46 они не показаны), так как они в этом приемнике не используются. Эти 50 витков будут средневолновой секцией катушки контура приемника. Если наибольшая ем-

кость конденсатора настройки окажется меньше 500 *пф*, например будет использован самодельный переменный конденсатор с наибольшей емкостью 300—350 *пф*, оставь неизолированным еще отвод *2* (от 100-го витка). В этом случае переключатель тоже должен иметь еще один контакт для подключения к нему дополнительного отвода катушки.

Размеры панели, на которой ты будешь монтировать приемник, определи сам, исходя из габаритов имеющихся деталей. Эта панель будет одновременно служить крышкой ящичка приемника.

В том случае, если в вашей местности хорошо слышны передачи всего лишь одной радиостанции, ты можешь сделать более простой детекторный приемник — с фиксированной настройкой. Примерная конструкция такого приемника показана на рис. 47

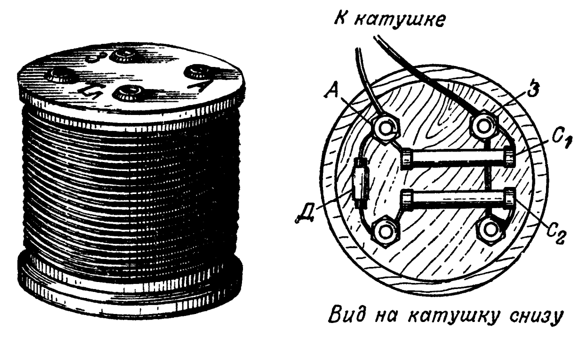


Рис. 47. Детекторный радиоприемник с фиксированной настройкой.

(схема приведена на рис. 48). Он не имеет ручек управления. Индуктивность катушки L и емкость конденсатора C_1, входящих в колебательный контур, подбираются такими, чтобы приемник постоянно был настроен на волну этой радиовещательной станции. Получится как бы радиоточка.

Для настройки приемника на радиостанцию средневолнового диапазона катушка должна иметь не более 100 витков, т. е. две секции катушки, сделанной для опытов, для радиостанции длинноволнового диапазона — почти все витки этой катушки. К обеим сторонам каркаса катушки, снизу и сверху, приделай фанерные кружки, образующие дно и крышку приемника. На крышке крепятся две пары гнезд или зажимов для подключения антенны и заземления и телефонов. Детектор и конденсаторы монтируются на гнездах с внутренней стороны крышки.

Дно и крышку сделай так. Выпили из 3—4-миллиметровой фанеры четыре кружка: два из них должны плотно входить внутрь каркаса, а два других на 10—12 *мм* по диаметру больше первых двух. К каждому большому кружку приклей по кружку меньшего диаметра. У тебя получается ступенчатые кружки, которые будут

прочно держаться на каркасе катушки. После настройки приемника их можно приклеить к каркасу.

Емкость контурного конденсатора C_1 подбирается опытным путем и может быть от нескольких десятков до нескольких сотен пикофарад. Емкость блокировочного конденсатора C_2, как и у предыдущих приемников, 1 000—3 000 *пф*.

Лучше всего настраивать приемник на волну радиостанции путем подбора индуктивности катушки. Между гнездами, предназначенными для антенны и заземления, включи конденсатор емкостью 270—300 *пф*. Начало катушки припаяй к антенному гнезду, а конец ее оставь свободным. Возьми швейную иголку, соедини ее при помощи куска проволоки длиной 20—25 *см* с гнездом заземления, а затем, вкалывая острый конец иглы то в один, то в другой виток катушки, начиная с конца, добейся наилучшей громкости звучания приемника. Так ты опытным путем подберешь то количество витков катушки, которое при данной емкости конденсатора должно быть включено в контур.

Если окажется, что с уменьшением числа витков громкость приема станет ухудшаться, замени конденсатор колебательного контура другим емкостью 560—680 *пф* и снова «нащупывай» тот виток катушки, который будет ее концом.

Ненужные витки удали, а каркас укороти. Выводы катушки пропусти внутрь каркаса через проколы в нем, припаяй их окончательно к гнездам антенны и заземления и поставь крышку и донышко на место. Обмотку катушки снаружи покрой лаком, чтобы лучше держались витки, или оберни ее полоской плотной бумаги.

* * *

В этой беседе мы затронули главным образом только практическую сторону постройки простейших радиоприемников, научили тебя читать их схемы. Но мы почти ничего не сказали о самом важном — о сущности работы колебательного контура, детектора, телефонов и приемника в целом, о тех явлениях и преобразованиях, которые происходят в его цепях. Об этом мы расскажем в следующей беседе. Тогда же поговорим о том, как находить и устранять неисправности детекторного приемника.

O

КАК РАБОТАЕТ ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК

Разновидностей схем и конструкций детекторных радиоприемников много. Это могут быть приемники, смонтированные на открытых панелях и в ящичках, с цилиндрическими и плоскими катушками, большие и маленькие. Ты можешь сделать очень небольшой приемник, если используешь в нем малогабаритную многослойную катушку, например катушку с высокочастотным сердечником, об устройстве которой мы расскажем позже.

В зависимости от габаритов катушки и других деталей, от задуманного внешнего вида приемника каждая конструкция будет иметь некоторые свои особенности, но принципиальные схемы приемников мало чем будут отличаться одна от другой. И если условия радиоприема одинаковы, все эти приемники будут работать почти одинаково.

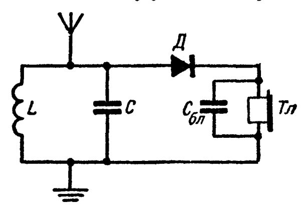


Рис. 48 Схема простейшего детекторного радиоприемника.

Посмотри внимательно на схемы приемников, которые мы предложили тебе в предыдущей беседе. Чем они отличаются одна от другой? Только левыми участками, т. е. схемами колебательных контуров, что диктуется разными способами настройки их на волны радиостанций. Что же касается правых участков схем, то они совершенно одинаковы. Вот почему мы во время опытов предложили тебе смонтировать эту часть приемника на маленькой панели. И если мы не будем учитывать возможных вариантов настройки и конструкций катушек контуров, то схема детекторного приемника примет вид, показанный на рис. 48. Левую часть схемы, куда входят антенна, заземление, катушка L и конденсатор C, мы можем рассматривать как источник высокочастотных электрических колебаний, питающий цепочку из детектора и телефона, в которой высокочастотные колебания преобразуются в колебания низкой частоты, а низкочастотные — в звук.

Из скольких элементов, не считая антенного устройства, состоит этот приемник? Если не учитывать блокировочного конденсатора, без которого приемник работает, в чем ты уже убедился, из трех: колебательного контура LC, детектора и телефонов. Эти элементы в том или ином виде обязательны для любого приемника.

Как они работают?

КОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ КОНТУР

Тебе, вероятно, приходилось наблюдать такое явление: когда звонит электрический звонок, в его прерывателе появляются искры. В момент выключения электрической лампочки в выключателе тоже иногда видна искра. Когда случайно соединяются полюсы батарейки (чего нужно избегать), в момент разъединения их между ними также проскакивает маленькая искра.

На электростанциях, на заводах, где разрывают рубильниками электрические цепи, по которым текут очень большие токи, искры могут быть столь значительными, что приходится принимать меры, чтобы искра не причинила вреда человеку, включающему ток. Почему же возникают эти искры?

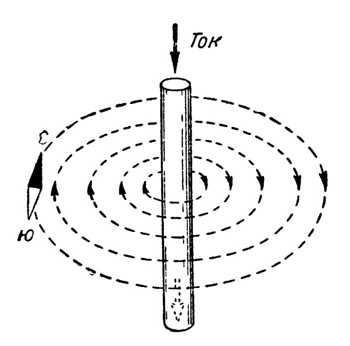


Рис. 49. Магнитные силовые линии вокруг проводника с током.

Мы уже говорили тебе, что вокруг проводника с током существует магнитное поле, которое можно изобразить в виде замкнутых силовых линий, пронизывающих окружающее его пространство (рис. 49). Обнаружить это поле, если оно постоянное, можно, например, с помощью магнитной стрелки.

Если разорвать проводник с током, то его исчезающее магнитное поле, рассеиваясь в пространстве, индуцирует токи в других проводниках. Ток индуцируется и в том проводнике, который создал это магнитное поле. А так как этот проводник находится в самой гуще своих же магнитных силовых линий, в нем будет индуцироваться более сильный ток, чем в любом другом проводнике. Направление этого тока будет таким же, каким оно было в момент разрыва проводника. Иначе говоря, исчезающее магнитное поле будет поддерживать создавший его ток до тех пор, пока оно само не исчезнет, т. е. полностью не израсходуется содержащаяся в нем энергия.

Таким образом, ток в проводнике течет и после того, как выключен источник тока, но, разумеется, недолго — ничтожно малую долю секунды.

Но ведь в разомкнутой цепи движение электронов невозможно, возразишь ты. Да, это так. Но после размыкания цепи электрический ток некоторое время течет через воздушный промежуток между разъединенными концами проводника, между контактами выключателя или рубильника. Вот этот ток через воздух и образует электрическую искру.

Это явление называют с а м о и н д у к ц и е й, а электрическую силу (не путай с индукцией, о которой мы говорили в первой беседе), которая под действием исчезающего магнитного поля создает поток

электронов в проводнике, поддерживая в нем ток, называют электродвижущей силой самоиндукции (э. д. с. самоиндукции). Ток, который при этом создается в проводнике, называют током самоиндукции. Чем больше э. д. с. самоиндукции, тем длиннее может быть искра в месте разрыва электрической цепи.

Явление самоиндукции наблюдается не только при выключении, но и при включении тока. В пространстве, окружающем проводник, магнитное поле возникает сразу при включении тока. Вначале оно слабее, но затем очень быстро усиливается. Усиливающееся магнитное поле тоже возбуждает ток самоиндукции, но он направлен навстречу основному току. Ток самоиндукции мешает мгновенному увеличению основного тока и росту магнитного поля. Однако через короткий промежуток времени основной ток в проводнике преодолевает встречный ток самоиндукции и достигает наибольшего значения, магнитное поле становится неизменным и действие самоиндукции прекращается.

Явление самоиндукции можно сравнить с явлением инерции. Санки обычно трудно сдвинуть с места. Но когда они наберут скорость, запасутся кинетической энергией — энергией движения, их невозможно остановить мгновенно. После торможения они продолжают скользить до тех пор, пока запасенная ими энергия движения не израсходуется на преодоление трения о снег.

Все ли проводники обладают одинаковой самоиндукцией? Нет! Чем длиннее проводник, тем значительнее самоиндукция.

В проводнике, свернутом в катушку, явление самоиндукции сказывается сильнее, чем в прямолинейном проводнике, так как магнитное поле каждого витка катушки наводит ток не только в этом витке, но и в соседних витках этой катушки. Чем больше длина провода в катушке, тем дольше будет существовать в нем ток самоиндукции после выключения основного тока. И, наоборот, потребуется больше времени после включения основного тока, чтобы ток в цепи возрос до определенной величины и установилось постоянное по силе магнитное поле.

Увеличение самоиндукции проводника при свертывании его в катушку можно объяснить еще следующим образом: вокруг каждого витка создаются магнитные силовые линии, направленные в одну сторону (рис. 50). Силовые линии отдельных витков образуют единое магнитное поле, охватывающее всю катушку. Следовательно, магнитное поле катушки будет всегда сильнее, чем поле прямолинейного проводника. Поэтому и явление самоиндукции в катушке сказывается сильнее, чем в прямом проводнике.

Запомни: свойство проводников влиять на ток в электрической цепи называют индуктивностью, а катушки, в которых наиболее сильно проявляется это свойство, — катушками самоиндукции или индуктивности. Чем больше число витков и размеры катушки, тем больше ее индуктивность, тем значительнее влияние ее на ток в электрической цепи, в которую она включена.

Итак, катушка индуктивности препятствует как нарастанию, так и убыванию тока в электрической цепи. Если она находится в цепи постоянного тока, влияние ее сказывается только при включении и выключении тока. В цепи же переменного тока, где беспре-

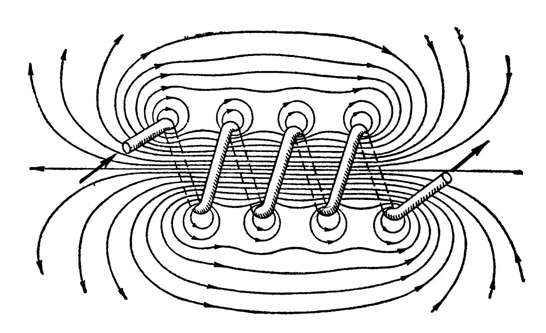


Рис. 50. Магнитное поле вокруг проводника с током, свернутого в катушку.

рывно изменяются ток и его магнитное поле, э. д. с. самоиндукции катушки действует все время, пока течет ток. Это электрическое явление и используется в первом элементе колебательного контура приемника — катушке индуктивности.

Вторым элементом колебательного контура приемника является «накопитель» электрических зарядов — конденсатор.

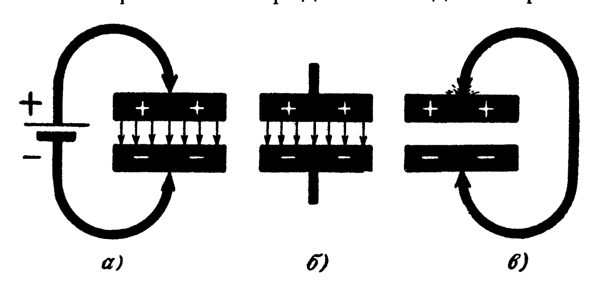


Рис. 51. Заряд и разряд конденсатора.

Простейший конденсатор представляет собой два проводника электрического тока, например две металлические пластинки, именуемые обкладками конденсатора, разделенные непроводником электрического тока — **диэлектриком**. Чем больше площадь обкладок конденсатора и чем ближе они расположены друг к другу, тем больше электрическая емкость этого прибора.

Если к обкладкам конденсатора присоединить источник постоянного тока (рис. 51, *а*), то в образовавшейся цепи возникнет кратковременный ток и конденсатор зарядится до напряжения, равного напряжению источника тока.

Почему же в этой цепи возникает ток, если в ней имеется диэлектрик?

Когда мы присоединяем к конденсатору источник постоянного тока, свободные электроны в проводниках образовавшейся цепи начинают двигаться в сторону положительного полюса источника тока, образуя кратковременный поток электронов во всей цепи. В результате обкладка конденсатора, которая соединена с положительным полюсом источника тока, объединяется свободными электронами и заряжается положительно, а другая обогащается свободными электронами и, следовательно, заряжается отрицательно. Как только конденсатор зарядится, кратковременный ток в цепи, именуемый *током заряда* конденсатора, прекратится.

Отключим теперь источник тока от конденсатора. Конденсатор окажется заряженным (рис. 51, *б*). Переходу избыточных электронов с одной обкладки на другую препятствует диэлектрик конденсатора. Между обкладками конденсатора тока не будет, а накопленная им электрическая энергия будет сосредоточена в электрическом поле диэлектрика конденсатора.

Если обкладки заряженного конденсатора соединить проводником (рис. 51, *в*), «излишние» электроны отрицательно заряженной обкладки мгновенно перейдут по этому проводнику на другую обкладку, где их недостает, и конденсатор *разрядится*. В этом случае в образовавшейся цепи также возникает кратковременный ток, называемый *током разряда конденсатора*. Если емкость конденсатора большая и он заряжен до значительного напряжения, момент разряда сопровождается появлением значительной искры и треска.

Свойство конденсатора накапливать электрические заряды и разряжаться через подключенный к нему проводник используется в колебательном контуре.

А теперь, юный друг, вспомни обыкновенные качели. На них можно раскачиваться так, что «дух захватывает». Для этого надо сначала подтолкнуть качели, чтобы вывести их из положения покоя, а затем прикладывать некоторую силу, но обязательно только в такт с их колебаниями. Без большого труда можно добиться очень больших размахов качелей — получить большие амплитуды их колебаний. Даже маленький мальчик может раскачать на качелях взрослого человека, если будет прикладывать свою силу умеючи.

Раскачав качели посильнее, чтобы добиться больших амплитуд колебаний, перестанем подталкивать их. Что произойдет дальше? За счет запасенной энергии они некоторое время *свободно* качаются, амплитуды их колебаний постепенно убывают, как говорят, затухают, и, наконец, качели останавливаются.

При свободных колебаниях качелей, так же как свободно подвешенного маятника, запасенная — потенциальная — энергия переходит в кинетическую — энергию движения, которая в крайней верхней точке вновь переходит в потенциальную, а через долю се-

кунды — опять в кинетическую. И так до тех пор, пока не израсходуется весь запас энергии на преодоление трения веревок в местах подвеса качелей и сопротивления воздуха.

При сколь угодно большом запасе энергии свободные колебания всегда являются з а т у х а ю щ и м и: с каждым колебанием их амплитуды уменьшаются и колебания постепенно совсем затухают — наступает покой. Но период — отрезок времени, в течение которого происходит одно колебание, а значит, и частота колебаний остаются постоянными.

Свободные затухающие колебания изображают графически в виде волнистой линии с убывающими амплитудами (рис. 52, *а*).

Но если качели все время подталкивать в такт с их колебаниями и тем самым пополнять потери энергии, расходуемой на преодоление различных тормозящих сил, колебания станут н е з а т у х а ю щ и м и (рис. 52, *б*). Это уже не свободные, а вынужденные колебания. Они будут длиться до тех пор, пока не перестанет действовать внешняя подталкивающая сила.

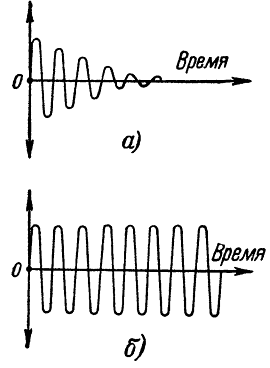


Рис. 52. Графическое изображение колебаний.
а — затухающих; *б* — незатухающих.

Мы говорили тебе о качелях потому, что физические явления, происходящие в этой механической колебательной системе, очень схожи с явлениями в электрическом колебательном контуре.

Простейший колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. Это так называемый з а м к н у т ы й колебательный контур. Чтобы в нем возникли электрические колебания, ему надо сообщить энергию, которая «подтолкнула» бы электроны. Это можно сделать, зарядив, например, конденсатор.

Разорвем временно колебательный контур и подключим к обкладкам его конденсатора источник постоянного тока, как показано на рис. 53 вверху. Конденсатор зарядится до напряжения батареи. Затем отключим батарею от конденсатора, а контур замкнем. Явления, которые теперь будут происходить в контуре, изображены графически на рис. 53 внизу.

В момент замыкания контура верхняя обкладка конденсатора имела положительный заряд, а нижняя — отрицательный (рис. 53, *а*). В этот момент, отмеченный на графике точкой *0*, тока в контуре нет, а вся энергия, накопленная конденсатором, сосредоточена в электрическом поле между его обкладками.

Но конденсатор замкнут на катушку, через которую он начнет разряжаться. В катушке появится ток, а вокруг ее витков — магнитное поле. К моменту полного разряда конденсатора (рис. 53, *б*), отмеченному на графике точкой *1*, когда напряжение на его оклад-

ках упадет до нуля, ток в катушке и энергия магнитного поля достигнут наибольших значений.

Казалось бы, что в этот момент ток в контуре должен был бы прекратиться. Этого, однако, не произойдет, так как от действия э. д. с. самоиндукции, стремящейся поддержать ток, движение электронов в контуре будет продолжаться. Но только до тех пор, пока не израсходуется вся энергия магнитного поля. В катушке

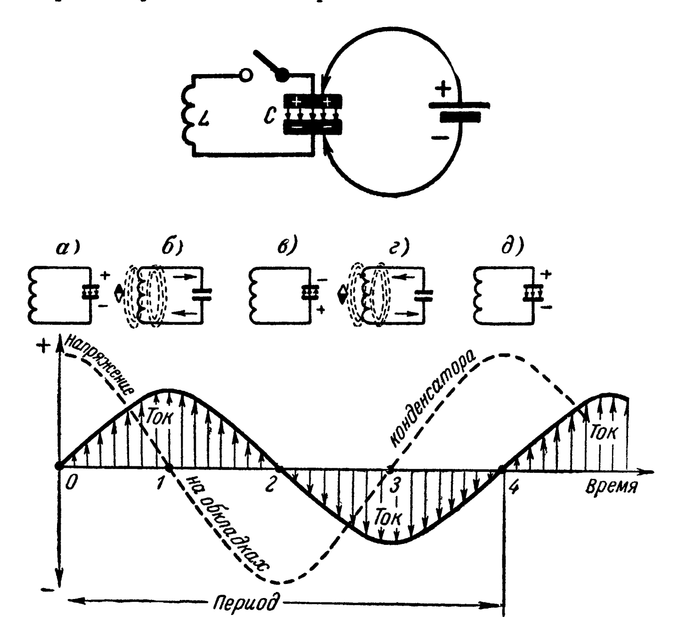


Рис. 53. Электрические колебания в контуре.

в это время будет течь убывающий по величине, но первоначального направления индуцированный ток.

К моменту времени, отмеченному на графике цифрой *2*, когда энергия магнитного поля израсходуется, конденсатор вновь окажется заряженным, только теперь на его нижней обкладке будет положительный заряд, а на верхней — отрицательный (рис. 53, *в*). Теперь электроны начнут обратное движение — в направлении от верхней обкладки через катушку к нижней обкладке конденсатора. К моменту *3* (рис. 53, *г*) конденсатор разрядится, а магнитное поле катушки достигнет наибольшего значения. И опять э. д. с. самоиндукции «погонит» по проводу катушки электроны, перезаряжая тем самым конденсатор.

В момент времени *4* (рис. 53, *д*) будет такое же состояние электронов в контуре, какое было в первоначальный момент *0*. Закончилось одно полное колебание. Естественно, что заряженный конденсатор

вновь будет разряжаться на катушку, перезаряжаться и произойдут второе, за ним третье, четвертое и т. д. колебания. Другими словами, в контуре возникнет переменный электрический ток, электрические колебания.

Но этот колебательный процесс в контуре не бесконечен. Он продолжается до тех пор, пока вся энергия, полученная конденсатором от батареи, не израсходуется на преодоление сопротивления провода катушки контура. Такие колебания в контуре являются свободными и, следовательно, затухающими (см. рис. 52, *а*).

Какова частота этих колебаний электронов в контуре?

Чтобы полнее разобраться в этом вопросе, советуем провести такой опыт. Возьми нитку длиной около 1,5 *м*, привяжи ее одним концом к наличнику двери или другому высокому предмету, а к другому прикрепи грузик. Получится простейший маятник. Отведи грузик и отпусти его. Возьми часы с секундной стрелкой и определи, сколько полных колебаний совершит маятник за 1 *мин*. Получится примерно 25—30 колебаний. Значит, период колебаний равен 2,5—2 *сек*. Какой бы ты ни пытался создать первоначальный размах маятника, частота его затухающих колебаний будет неизменной. Но стоит только укоротить или удлинить нитку, как частота колебаний сразу изменится.

При одной и той же длине нитки всегда будет одна и та же частота колебаний. Это собственная частота колебаний маятника. Она будет тем больше, чем короче нитка. Получить заданную частоту колебаний можно путем подбора длины нитки.

Электрический колебательный контур тоже обладает собственной частотой. Она, во-первых, зависит от индуктивности катушки. Чем больше число витков и диаметр катушки, тем больше ее индуктивность, тем больше будет продолжительность периода каждого колебания. Собственная частота колебаний в контуре будет соответственно меньше. И, наоборот, с уменьшением индуктивности катушки сократится период колебаний — возрастет собственная частота колебаний в контуре.

Частота колебаний в контуре зависит, во-вторых, от емкости конденсатора. Чем больше емкость, тем больший заряд он может накопить, тем больше потребуется времени для его перезарядки, а это уменьшит частоту колебаний в контуре. С уменьшением емкости конденсатора частота контура возрастает.

Таким образом, собственную частоту затухающих колебаний в контуре можно регулировать путем изменения индуктивности катушки или емкости конденсатора.

Однако в электрическом контуре, как и в механической колебательной системе, можно получить и незатухающие — вынужденные — колебания, если при каждом колебании пополнять контур дополнительными порциями электрической энергии от какого-либо источника переменного тока.

Каким же образом в контуре приемника возбуждаются и поддерживаются незатухающие электрические колебания? Током высокой частоты, поступающим в контур из антенны. Этот ток сообщает контуру первоначальный заряд, он же и поддерживает ритмичные колебания электронов в контуре.

Наиболее сильные незатухающие колебания в контуре приемника возникают только в момент р е з о н а н с а собственной частоты контура с частотой тока, поступающего из антенны.

Как это понимать?

Рассказывают, будто в Петербурге от шедших в ногу солдат обвалился Египетский мост. А случилось это, видимо, при таких обстоятельствах. Все солдаты ритмично шагали по мосту. Мост от этого стал раскачиваться — колебаться. По случайному стечению обстоятельств собственная частота колебаний моста совпала с частотой шага солдат, как говорят мост попал в р е з о н а н с. Ритм строя сообщал мосту все новые и новые порции энергии. В результате мост настолько раскачался, что обрушился: слаженность воинского строя нанесла вред мосту. Если бы резонанса собственной частоты колебаний моста с частотой шага солдат не было, с мостом ничего бы не случилось. Поэтому, между прочим, при прохождении солдат по слабым мостам принято подавать команду «сбить ногу».

Подойди к какому-нибудь струнному музыкальному инструменту и громко крикни «а»: какая-то из струн отзовется — зазвучит. Та из них, которая окажется в резонансе с частотой этого звука, будет колебаться сильнее остальных струн — она-то и отзовется на звук.

Подобные явления наблюдаются и в колебательном контуре. От действия волн многих радиостанций в приемной антенне возбуждаются токи самых различных частот. Нам же из всех этих частот надо выбрать только частоту той радиостанции, передачи которой мы хотим слушать. Для этого мы должны так подобрать число витков катушки и конденсатор колебательного контура, чтобы его собственная частота совпадала с частотой тока, создаваемого в антенне волнами интересующей нас станции. В этом случае в контуре возбудятся наиболее сильные колебания с частотой сигналов той радиостанции, на волну которой он настроен. Это и есть настройка контура приемника в резонанс с частотой передающей станции. При этом сигналы других станций совсем слышны не будут или будут прослушиваться очень слабо, так как возбуждаемые ими колебания в контуре будут очень слабыми.

Таким образом, настраивая контур своего приемника в резонанс с частотой радиостанции, ты как бы отбирал, выделял колебания частоты только этой станции. Чем лучше контур будет выделять нужные колебания из антенны, тем выше будет избирательность приемника, тем слабее будут помехи со стороны других радиостанций.

До сих пор мы говорим о замкнутом колебательном контуре, собственная частота которого определяется индуктивностью ка-

тушки и емкостью конденсатора. Однако в контур любого из детекторных приемников, рекомендованных в предыдущей беседе, входят еще антенна и заземление. Это уже не замкнутый, а открытый колебательный контур.

Мы уже говорили, что провод антенны и земля являются «обкладками» конденсатора (рис. 54), обладающего некоторой электрической емкостью. В зависимости от длины провода и высоты антенны над землей эта емкость может быть до нескольких сотен

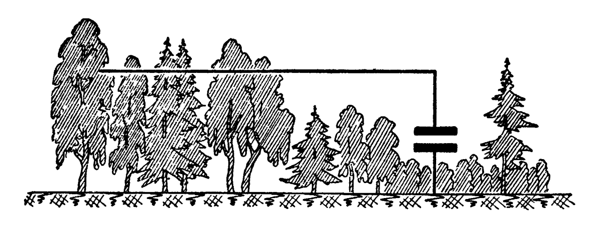


Рис. 54. Антенна и заземление — открытый колебательный контур

пикофарад. Но ведь антенну и землю можно еще рассматривать и как неполный виток большой катушки. Стало быть, антенна и заземление одновременно обладают и индуктивностью. А емкость совместно с индуктивностью образуют колебательный контур.

Такой контур, являющийся открытым колебательным контуром, тоже обладает собственной частотой колебаний. Включая между антенной и землей катушки индуктивности и конденсаторы, мы можем изменять его собственную частоту, настраивать его в резонанс с частотами разных радиостанций. Как это делается на практике, ты уже знаешь.

Переходим ко второму элементу приемника — детектору.

ДЕТЕКТОР И ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

Прежде всего, как устроен этот прибор.

Внешний вид одного из наиболее распространенных детекторов и его устройство (в сильно увеличенном виде) показаны на рис. 55. Это полупроводниковый точечный диод типа Д9. Буква «Д» здесь означает «диод», а цифра «9» — порядковый заводской номер конструкции. Такой прибор или ему подобный, например Д2, мы уже рекомендовали использовать в детекторном приемнике.

В нем два электрода: тонкая и очень маленькая (площадь около 1 *мм*^{2}) пластинка из полупроводника германия или кремния и вольфрамовая проволочка, упирающаяся острым концом в пластинку полупроводника. Поэтому его и называют диодом, что значит д в у х-

э л е к т р о д н ы й. Пластинка полупроводника является отрицательным (—) электродом диода, вольфрамовая проволочка — положительным (+) электродом. Они припаяны к посеребренным проволочкам длиной 50 *мм*, являющимся выводами диода. Вся эта конструкция находится внутри стеклянной, затемненной изнутри трубочки диаметром около 3 и длиной меньше 10 *мм*, запаянной с концов. Красная точка указывает положительный электрод прибора. Проволочными выводами прибор соединяется с другими элементами радиосхемы.

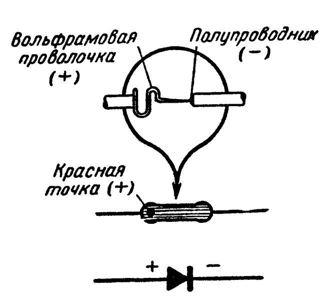


Рис. 55. Точечный полупроводниковый диод.

Ты можешь встретить полупроводниковые точечные диоды типа ДГ-Ц. Это детекторы устаревшей конструкции. Устроены они так же, как диоды Д2 и Д9, но запрессованы в керамические трубочки и, разумеется, могут быть использованы в приемнике, конечно если они исправны.

Какой «секрет» таят в себе эти приборы?

В пластинке полупроводника, в том месте, где к ней прикасается острие вольфрамовой проволочки, создают так называемый з а п о р н ы й с л о й, обладающий интересным свойством. Если к детектору подключить источник постоянного тока, например гальванический элемент, так, чтобы его отрицательный полюс соединялся с пластинкой полупроводника, а положительный — с вольфрамовой проволочкой, то через запорный слой свободно пойдет ток, о чем может свидетельствовать включенный в цепь электроизмерительный прибор (рис. 56, *а*). Если же полюсы элемента поменять местами, то через запорный слой, а значит, во всей электрической цепи пойдет очень слабый ток (рис. 56, *б*).

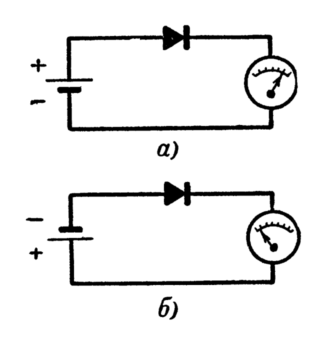


Рис. 56. Диод обладает односторонней проводимостью тока.

Исходя из этих явлений, можно сказать, что запорный слой диода обладает о д н о с т о р о н н е й проводимостью тока: о н х о р о ш о п р о п у с к а е т т о к о д н о г о н а п р а в л е н и я и п л о х о п р о п у с к а е т т о к д р у г о г о н а п р а в л е н и я. Для простоты дальнейших пояснений будем считать, что ток обратного направления диод вообще не пропускает, запорный слой становится как бы изолятором, непроводником тока. А если через диод пропускать переменный ток? В этом случае действие запорного слоя станет напоминать функцию, которую выполняет ниппель камеры велосипеда: он будет пропускать через себя положительные

полуволны переменного тока и не пропускать отрицательные полуволны (рис. 57). Диод как бы отрежет отрицательные полуволны. Переменный ток превращается в пульсирующий — ток одного направления, но изменяющийся по величине. Этот преобразовательный процесс, называемый выпрямлением переменного тока, и лежит в основе детектирования.

Рис. 57. Детектор преобразует переменный ток в пульсирующий.

Графики, показанные на рис. 58, иллюстрируют явления, которые происходят в цепях детекторного приемника.

Вспомни: под действием радиоволн в контуре приемника возбуждаются высокочастотные модулированные колебания (график *а*). К контуру подключена цепь из детектора и телефонов. Для этой цепи колебательный контур является источником переменного тока высокой частоты.

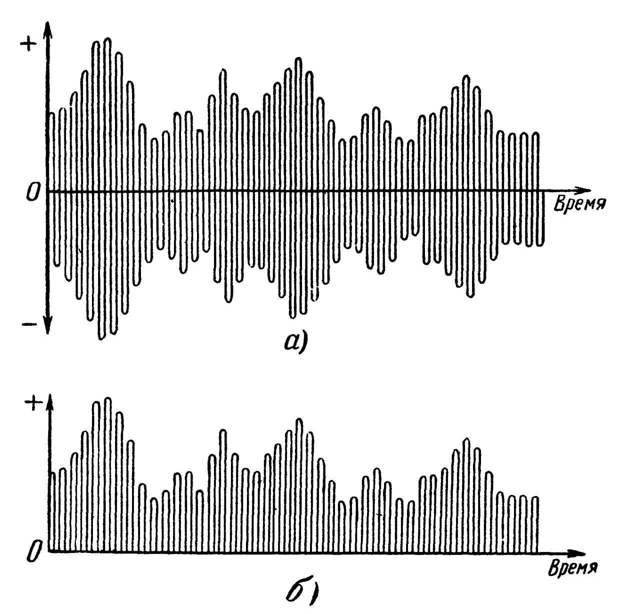


Рис. 58 Графики, иллюстрирующие детектирование модулированных колебаний высокой частоты.

Поскольку детектор пропускает ток только одного направления, высокочастотные колебания, поступающие в его цепь, будут им выпрямляться (график *б*), или, говоря иначе, продетектированы. Если провести сплошную линию через вершины импульсов этого тока, то получится «рисунок» тока низкой частоты, которым модулировался ток в антенне радиостанции во время передачи.

Этот ток, получившийся в результате детектирования, состоит из высокочастотных импульсов, амплитуды которых изменяются со звуковой частотой. Его можно рассматривать как суммарный ток и разложить на две составляющие: высокочастотную и низкочастотную. Их называют соответственно высокочастотной и низкочастотной составляющими пульсирующего тока. Низкочастотная составляющая, образуемая высокочастотными импульсами, пойдет через телефоны, где она будет преобразована в звук.

ГОЛОВНОЙ ТЕЛЕФОН

Головные телефоны — третье, последнее звено детекторного приемника, которое, образно выражаясь, «выдает готовую продукцию» — звук. Это один из старейших электротехнических приборов, почти без изменения сохранивший свои основные черты до наших дней.

В радиолюбительской практике наиболее распространены головные телефоны типа ТОН-1. Это два последовательно соединенных телефона, прикрепленные к оголовью — металлической дуге, при помощи которой они хорошо прилегают к ушам.

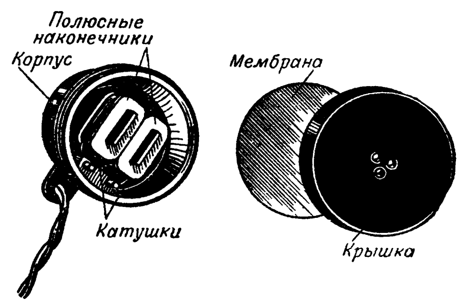


Рис. 59. Устройство электромагнитного телефона.

Отвернем крышку одного из телефонов (рис. 59). Под нею находится мембрана — круглая жестяная пластинка. Сняв мембрану, мы увидим две катушки, насаженные на выступающие из дна корпуса пластинки, являющиеся полюсными наконечниками постоянного магнита. Катушки соединены последовательно, а крайние выводы их припаяны к стерженькам, впрессованным в дно корпуса. С наружной стороны к стерженькам при помощи зажимных винтов подключен шнур с однополюсными штепсельными вилками.

Магнит телефона не виден, потому что он впрессован в дно корпуса. Чтобы ты имел представление о том, как выглядит магнит, мы показываем его на рис. 60. Это небольшой кусочек специального магнитного сплава, к которому приварены стальные пластинки — полюсные наконечники.

Как работает телефон? Возле полюсов магнита, опираясь на бортики корпуса, находится мембрана (рис. 61). Под действием поля магнита она немного прогибается в середине, но не прикасается к полюсным наконечникам магнита (на рис. 61 — сплошная линия).

Когда через телефон течет ток, он создает вокруг катушки магнитное поле, которое взаимодействует с полем постоянного магнита. Сила этого единого магнитного поля, а значит, и сила притяжения мембраны к полюсным наконечникам зависят от направления тока в катушках. При одном направлении тока, когда направления магнитных силовых линий катушек и магнита совпадают и их поля складываются, мембрана сильнее притягивается к полюсам магнита (на рис. 61 — нижняя пунктирная линия). При другом направлении тока силовые линии катушек и магнита направлены встречно и общее поле становится слабее, чем поле магнита. В этом случае мембрана слабее притягивается полюсными наконечниками и, выпрямляясь, несколько удаляется от них (на рис. 61 — верхняя пунктирная линия).

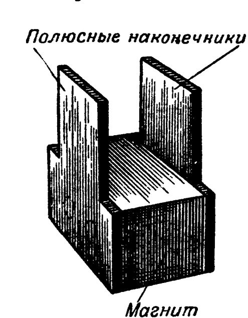


Рис. 60. Магнит телефона с полюсными наконечниками.

Если через катушки телефона пропускать переменный ток низкой частоты, суммарное магнитное поле станет то усиливаться, то ослабляться, а мембрана будет то приближаться к полюсным наконечникам магнита, то отходить от них, т. е. колебаться с частотой тока. Колеблясь, мембрана создаст в окружающем пространстве звуковые волны.

С первого взгляда может показаться, что постоянный магнит в телефоне не нужен: катушки можно надеть на железную ненамагниченную подковку. Но это не так. И вот почему.

Железная подковка, намагничиваемая только током в катушках, будет притягивать мембрану независимо от того, идет ли ток через катушки в одном направлении или другом. Значит, за один период переменного тока мембрана притянется во время первого полупериода, отойдет от него и еще раз притянется во время второго полупериода, т. е. за один период переменного тока (рис. 62, *а*) она сделает два колебания (рис. 62, *б*). Если, например, частота тока 500 *гц*, то мембрана телефона за секунду сделает 500×2=1 000 колебаний, т. е. тон звука исказится — будет вдвое выше нормального. Вряд ли нас устроит такой телефон.

Рис. 61. Колебания мембраны электромагнитного телефона.

С постоянным же магнитом дело обстоит иначе: при одном полупериоде происходит усиление магнитного поля — уже притянутая мембрана прогнется еще больше; при другом полупериоде поле ослабевает и мембрана, выпрямляясь, отходит дальше от полюсов магнита. Таким образом, при наличии постоянного магнита мембрана за один период переменного тока делает только одно коле-

бание (рис. 62, *в*), телефон не искажает звук. Постоянный магнит, кроме того, повышает громкость звучания телефона.

А теперь вернемся к детекторной цепи приемника.

В приемнике, который ты сделал, параллельно гнездам, предназначенным для включения телефона, подключался блокировочный конденсатор. Зачем он нужен?

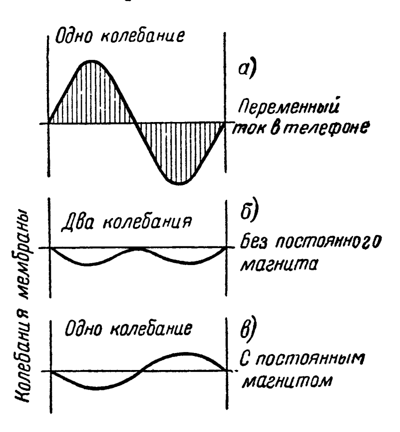


Рис. 62. Телефон с постоянным магнитом дает неискаженное воспроизведение звука. При отсутствии постоянного магнита мембрана колебалась бы с удвоенной частотой.

Емкость блокировочного конденсатора такова, что через него свободно проходят токи высокой частоты, а токам низкой частоты он оказывает значительное сопротивление. Телефон, наоборот, беспрепятственно пропускает токи низкой частоты и оказывает большое сопротивление токам высокой частоты. На этом участке детекторной цепи высокочастотный пульсирующий ток разделяется (на рис. 63 — в точке *1*) на составляющие, которые идут: высокочастотная составляющая — через блокировочный конденсатор, а низкочастотная составляющая — через телефон. Затем они соединяются (на рис. 63 — в точке *2*) и далее опять идут вместе.

Назначение блокировочного конденсатора можно объяснить так. Телефон из-за инертности мембраны не может отзываться на каждый высокочастотный импульс тока в детекторной цепи. А если бы мембрана и могла колебаться с высокой частотой, мы все равно ничего бы не услышали — наше ухо не реагирует на высокочастотные колебания. Значит, чтобы телефон работал, надо как-то сгладить высокочастотные импульсы, «заполнить» провалы между ними. Эта задача решается с помощью блокировочного конденсатора следующим образом. Отдельные высокочастотные импульсы заряжают конденсатор. В моменты между импульсами конденсатор разряжается через телефон, заполняя таким образом «провалы» между импульсами. В результате через телефон идет постоянный ток, изменяющийся по величине со звуковой частотой, который преобразуется телефоном в звук.

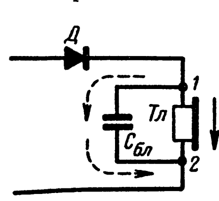


Рис. 63. В точке *1* составляющие высокочастотного пульсирующего тока разделяются, а в точке *2* соединяются.

Почему же первый опытный детекторный приемник работал без блокировочного конденсатора? Тогда роль блокировочного конден-

сатора выполняли емкость между проводами шнура, которым телефон соединяется с приемником. Но эта емкость значительно меньше емкости специально подключаемого блокировочного конденсатора. В этом случае ток через детектор получается меньшим, чем при наличии блокировочного конденсатора, и передача слышна слабее. Это особенно заметно при приеме отдельных станций.

Качество телефона оценивается главным образом с точки зрения его ч у в с т в и т е л ь н о с т и — способности реагировать на слабые колебания электрического тока. Чем слабее колебания, на которые отзывается телефон, тем выше его чувствительность.

Чувствительность телефона зависит от числа витков в его катушках и качества магнита. Два телефона с совершенно одинаковыми магнитами, но с катушками, содержащими неодинаковое число витков, будут различными по чувствительности. Лучшей чувствительностью будет обладать тот из них, в котором использованы катушки с бо́льшим числом витков.

На чувствительность телефона сильно влияет также положение мембраны относительно полюсных наконечников магнита. Наилучшая чувствительность его будет в том случае, когда мембрана находится очень близко к полюсным наконечникам, но не прикасается к ним.

Телефоны принято подразделять на в ы с о к о о м н ы е — с большим числом витков в катушках и н и з к о о м н ы е — с относительно небольшим числом витков. Для детекторных приемников пригодны только высокоомные телефоны, так как они обладают более высокой чувствительностью.

Катушки головных телефонов ТОН-1, об устройстве которых мы рассказали, намотаны эмалированным проводом толщиной 0,06 *мм* и имеют по 4 000 витков. Сопротивление их около 2 200 *ом*. Это число, характеризующее телефоны, выштамповано на их корпусах. Поскольку два телефона соединены последовательно, их общее сопротивление равно 4 400 *ом*.

Как проверить исправность и чувствительность головных телефонов? Прижми их к ушам. Смочи слюной контактные ножки на конце шнура, а затем коснись ими друг друга — в телефонах должен быть слышен слабый щелчок. Чем сильнее этот щелчок, тем чувствительнее телефоны. Щелчки получаются потому, что смоченный контакт между металлическими ножками представляет собой очень слабый источник тока.

Более грубая проверка телефонов делается при помощи батарейки для карманного электрического фонарика. При подключении телефонов к батарейке и отключении от нее слышны резкие щелчки. Если щелчков нет, значит где-то в катушках или шнуре имеется обрыв или плохой контакт — головной телефон неисправен.

ДЕТЕКТОРНЫЙ ПРИЕМНИК БЕЗ КАТУШКИ

В предыдущей беседе мы предлагали провести такой опыт: между антенной и заземлением включить детектор, а параллельно детектору подключить телефоны, как на схеме на рис. 64.

Не знаем, удалось ли тебе услышать что-нибудь на такой приемник. Но в принципе он работоспособен, потому что содержит все элементы детекторного приемника. Да, все!

Колебательный контур такого приемника образуют индуктивность и емкость антенны и заземления. Это, как тебе известно, открытый колебательный контур. И если его собственная частота будет равна или близка к частоте местной или мощной радиовещательной станции, в нем возникнут высокочастотные колебания этой станции.

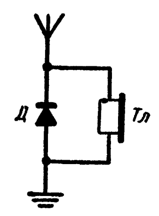


Рис 64. Детекторный приемник без катушки.

Для модулированных колебаний из антенны в землю два пути: через детектор или телефоны. В зависимости от того, как включен детектор, он будет пропускать через себя в землю только отрицательные полуволны высокочастотных колебаний и задерживать положительные или, наоборот, пропускать положительные полуволны и оказывать сопротивление отрицательным. Те же полуволны, которые детектор не пропускает, пойдут в землю параллельным путем через телефоны, которые преобразуют их в звук. Конечный результат тот же, что и в приемниках с катушками. Главный недостаток этого наипростейшего приемника — чрезвычайно низкая избирательность. Объясняется это тем, что собственная частота его колебательного контура определяется только индуктивностью и емкостью антенного устройства. Если в цепь антенны включить конденсатор переменной емкости, чтобы изменять собственную частоту контура, избирательность приемника несколько улучшится, но диапазон волн, на которые можно будет настраивать приемник, останется очень небольшим. Тем не менее схема этого приемника представляет определенный «спортивный» интерес. Поэтому советуем тебе вернуться к этому опыту и поэкспериментировать с приемником часок-другой.

НЕИСПРАВНОСТИ ДЕТЕКТОРНОГО ПРИЕМНИКА

Детекторный приемник независимо от его схемы и конструкции — наиболее простое радиотехническое устройство. Однако и в нем, как и в сложном приемнике, могут быть неполадки, которые надо уметь находить и устранять.

Меньше всего неисправностей бывает, как правило, в приемнике, детали которого укреплены прочно, монтаж выполнен аккуратно, а все соединения надежно пропаяны.

Но если все же приемник перестал работать или работает с перебоями, значит где-то обрыв, появился ненадежный или совсем плохой контакт, произошло замыкание. Надо прежде всего посмотреть, нет ли внешних повреждений в катушке, хорошо ли присоединены антенна и заземление, в порядке ли переключатель. Если внешних повреждений не обнаружено, проверь исправность антенны и заземления и их вводов, посмотри, не соприкасается ли провод антенны с каким-либо предметом, через который может быть утечка тока из антенны в землю помимо приемника.

Если внешних повреждений в приемнике, антенне и заземлении не обнаружено, значит где-то нарушился контакт в самом приемнике. Чаще всего плохие контакты появляются в переключателях из-за отвертывания гаек и винтов во время настройки, разбалтывания болтиков, плохой зачистки монтажного провода в местах соединения. При этом приемник вообще перестает работать или передачи принимаются со значительным треском. Проверь все эти детали и соединения, подтяни гайки, подрегулируй ползунки переключателей.

Неисправность может быть и в катушке, если она намотана не из целого куска провода и места соединения не пропаяны. Такие случаи происходят часто, если приемник находится в сыром месте. От сырости соединения окисляются, нарушаются электрические контакты.

Какие еще могут быть неисправности в приемнике?

Посмотри на схему своего приемника и ответь на такие вопросы. Будет ли работать приемник, если блокировочный конденсатор окажется «пробитым» (его пластины соединены)? Что произойдет, если соединяются проводники шнура телефона? Будет ли работать приемник, если случайно соединятся начало и конец контурной катушки или надломятся ее отводы?

Задай себе еще ряд подобных вопросов и ответь на них. Тогда тебе будет легче отыскивать неисправности в приемнике и устранять их.

В шестой беседе мы расскажем тебе о телефонном пробнике и простом омметре, с помощью которых облегчается качественная оценка деталей, контактов, соединений. Ими тоже можно воспользоваться для отыскания неисправностей в детекторном приемнике.

O

ЭКСКУРСИЯ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКУ

Рассказывая в предыдущих беседах о сущности радиопередачи и работе детекторного приемника, мы в ряде случаев обходились лишь поверхностным объяснением тех или иных электрических явлений, прибегая к аналогиям, примерам. Да и приемник-то, который ты монтировал, состоял всего из нескольких деталей.

Дальнейшее знакомство с радиотехникой, монтаж более сложных радиотехнических приборов и устройств потребуют более широких знаний электротехники и некоторых законов ее, умения производить хотя бы простые расчеты электрической цепи. Кроме того, тебе придется иметь дело с новыми, пока что незнакомыми деталями и приборами, устройство и принцип работы которых надо знать. Поэтому мы и предлагаем тебе совершить своеобразную «экскурсию» в электротехнику.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК И ЕГО ОЦЕНКА

До сих пор, желая охарактеризовать величину электрического тока, мы говорили: «малый ток», «большой ток». На первых порах такая оценка тока как-то устраивала тебя, но она совершенно непригодна для характеристики тока с точки зрения работы, которую он может выполнять.

Когда мы говорим о работе тока, мы под этим подразумеваем, что его энергия преобразуется в какой-либо иной вид энергии: тепло, свет, химическую или механическую энергию. Чем больше поток электронов, тем значительнее величина тока и его работа. Вместо «величины тока» часто говорят «сила тока» или просто «ток».

Таким образом, слово «ток» имеет два значения. Оно обозначает само явление движения электронов в проводнике, а также служит оценкой количества электричества, проходящего по проводнику.

Величина или сила тока оценивается числом электронов, проходящих по цепи в течение 1 *сек*. Число это огромно. Через нить накала горящей лампочки электрического карманного фонарика, например, ежесекундно проходит около 2 000 000 000 000 000 000 электронов. Вполне понятно, что характеризовать величину тока

количеством электронов неудобно, так как пришлось бы иметь дело с очень большими числами.

За единицу электрического тока принят *ампер* (сокращенно пишут *а*). Ток 1 *а* — это ток, при котором через поперечное сечение проводника за 1 *сек* проходит 6 280 000 000 000 000 000 электронов.

В математических выражениях ток обозначают латинской буквой I или i (читается «и»). Например, пишут: $I = 2\,а$, или $i = 0{,}5\,а$.

Наряду с ампером применяют более мелкие единицы тока: *миллиампер* (пишут *ма*), равный 0,001 *а*, и *микроампер* (пишут *мка*), равный 0,000001 *а*, или 0,001 *ма*. Следовательно, 1 *а* равен 1 000 *ма*, или 1 000 000 *мка*.

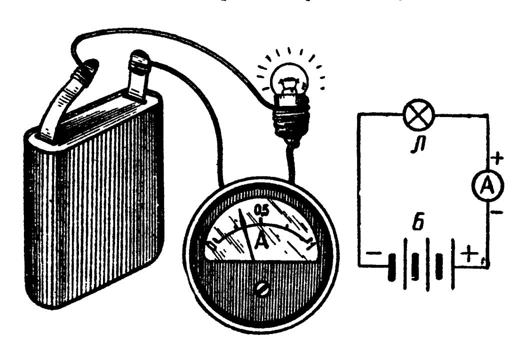


Рис. 65. Амперметр (миллиамперметр, микроамперметр) включают в электрическую цепь последовательно с потребителем тока.

Приборы, служащие для измерения этих токов, называют соответственно *амперметрами*, *миллиамперметрами*, *микроамперметрами*. Они включаются в электрическую цепь последовательно с потребителем тока, т. е. в разрыв внешней цепи (рис. 65). Каждый из этих измерительных приборов рассчитан на величину тока не больше некоторой предельной. Прибор нельзя включать в цепь, где ток превышает эту величину, иначе он испортится.

У тебя может возникнуть вопрос: как оценить величину переменного тока, ведь число электронов, движущихся в цепи переменного тока, непрерывно изменяется? Величину переменного тока обычно оценивают по так называемому *действующему* его значению. Это такое значение тока, которое соответствует постоянному току некоторой величины, производящему такой же нагрев проводника. Действующее значение переменного тока составляет примерно 0,7 его амплитудного значения.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И РЕЗИСТОРЫ

Говоря о проводниках, мы имеем в виду вещества, материалы и прежде всего металлы, проводящие ток. Однако не все вещества, называемые проводниками, одинаково хорошо проводят электрический ток, т. е. они, как говорят, обладают неодинаковой *проводимостью* тока. Объясняется это тем, что при своем движении свободные электроны сталкиваются с атомами и молекулами,

причем в одних веществах атомы и молекулы сильнее мешают движению электронов, а в других — меньше. Выражаясь техническим языком, одни вещества оказывают большое сопротивление электрическому току, а другие — малое. Из всех материалов, широко применяемых в электротехнике и радиотехнике, наименьшее сопротивление электрическому току оказывает медь. Поэтому-то электрические провода и делают чаще всего из меди. Еще меньшее сопротивление имеет серебро, но это дорогой металл. За медью по величине сопротивления следует алюминий. Железо и разные металлические сплавы обладают еще бо́льшим сопротивлением (худшей проводимостью). А сопротивление угля еще больше.

Сопротивление проводника зависит не только от свойств его материала, но и от размеров самого проводника. Толстый проводник обладает меньшим сопротивлением, чем тонкий из такого же материала; короткий проводник имеет меньшее сопротивление, длинный — большее, так же как широкая и короткая труба оказывает меньшее препятствие движению воды, чем тонкая и длинная. Кроме того, сопротивление зависит от температуры проводника: чем ниже температура проводника, тем меньше его сопротивление.

За единицу электрического сопротивления принят ом (пишут *ом*). 1 *ом* — это сопротивление, которое оказывает току ртутный столбик высотой 106,3 *см* и сечением 1 *мм*^{2} при температуре 0° С. Это так называемый эталон сопротивления.

В радиотехнике, однако, чаще приходится иметь дело с большими сопротивлениями: сопротивление телефона, например, больше 2 000 *ом*; сопротивление детектора, включенного в непропускающем ток направлении, несколько сотен тысяч ом. А сопротивления резисторов — специальных деталей, широко используемых в радиоаппаратуре, — могут быть до нескольких миллионов ом и больше.

Для выражения больших величин сопротивлений используют единицы килоом (сокращенно пишут *ком*), равный 1 000 *ом*, и мегом (сокращенно пишут *Мом*), равный 1 000 000 *ом*, или 1 000 *ком*.

Для резисторов сравнительно небольших сопротивлений, рассчитанных на токи в несколько десятков миллиампер, используют тонкую проволоку из никелина, нихрома и некоторых других металлических сплавов. Это так называемые проволочные резисторы. Для резисторов больших сопротивлений используют различные сплавы металлов и углерод, которые тонкими слоями наносятся на изоляционные материалы. Эти резисторы называют непроволочными резисторами.

Как проволочные, так и непроволочные резисторы могут быть постоянными, сопротивления которых не изменяются, и переменными, сопротивления которых в процессе работы с ними можно изменять от их минимальных до максимальных величин.

В математических формулах и на схемах сопротивления цепей резисторов обозначают латинской буквой R или r (читается «эр»). Сопротивления электрических цепей и резисторов измеряют специальными приборами — о м м е т р а м и.

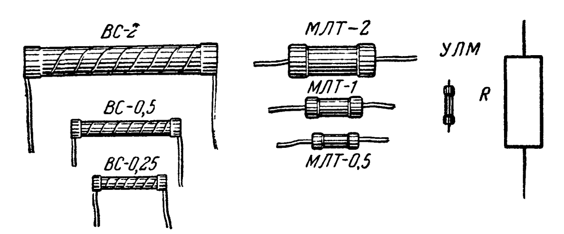


Рис. 66. Постоянные резисторы и их графическое обозначение на схемах.

Наша промышленность выпускает постоянные и переменные резисторы разных конструкций и номиналов: от нескольких ом до десятков и сотен мегом. Некоторые из наиболее распространенных конструкций резисторов показаны на рис. 66 и 67.

Постоянный непроволочный резистор типа ВС (влагостойкое сопротивление) представляет собой керамический стержень или трубочку, на поверхность которых нанесен слой углерода. Выводами служат контактные латунные или луженые хомутики либо колпачки с удлиненными лепестками. Корпуса резисторов вместе с контактными колпачками покрыты влагостойкой эмалью. Резисторы МЛТ (металлизированные лакированные теплостойкие) отличаются от резисторов ВС тем, что на их керамические трубочки нанесен не углерод, а слой специального металлического сплава, обладающего большим сопротивлением.

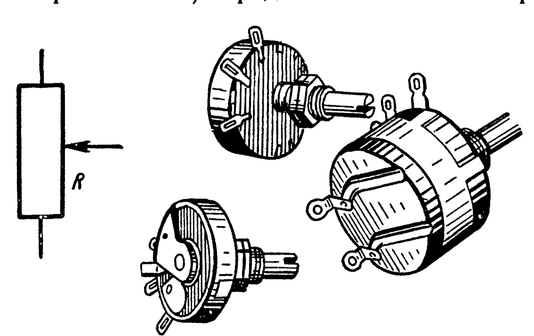


Рис. 67. Устройство и графическое обозначение переменных резисторов.

Резисторы УЛМ (углеродистые лакированные малогабаритные) устроены так же, как резисторы ВС, но по размерам во много раз меньше.

Непроволочные резисторы изготовляют на различные мощности. Резисторы ВС, например, рассчитаны на мощности 0,25; 0,5; 1,2; 5 и 10 ватт, МЛТ — на мощности 0,5; 1 и 2 ватта. Они обозначаются соответственно ВС-0,25; ВС-0,5; ВС-1; ВС-5; ВС-10; МЛТ-0,5;

МЛТ-1; МЛТ-2. Их называют соответственно четвертьваттными, полуваттными, одноваттными и т. д. резисторами. Мощность резисторов УЛМ 0,12 *вт*.

Номинальные сопротивления резисторов в омах, килоомах и мегомах указываются на их корпусах, причем обозначение *ком* часто заменяется буквой *к*, *Мом* — буквой *М*. Мощность указывается не на всех резисторах. Не обозначается она, например, на резисторах ВС-0,25, ВС-0,5, МЛТ всех мощностей и других малогабаритных резисторах. Со временем ты научишься распознавать мощность резисторов по их внешнему виду.

На корпусе резистора иногда указывается также наибольшее возможное отклонение действительной величины от обозначенной. Если, например, на корпусе резистора имеется надпись «100 *к* ± ± 10%», это значит, что его фактическое сопротивление может быть в пределах от 90 до 110 *ком*. Если на резисторе число процентов не указано, значит его фактическое сопротивление может отличаться от обозначенного на 20% в бо́льшую или меньшую сторону.

Переменный непроволочный резистор устроен так (рис. 67). К круглому пластмассовому основанию приклеена дужка из гетинакса, покрытая тонким слоем сажи, перемешанной с лаком. Этот слой обладает сопротивлением. От обоих концов слоя сделаны выводы. В центр основания впрессована втулка. В ней вращается ось, а вместе с осью фигурная гетинаксовая пластинка. На внешнем конце пластинки укреплена контактная щетка из нескольких пружинящих проволочек, которая соединена со средним выводным лепестком. При вращении оси щетка перемещается по слою сажи на дужке, вследствие чего изменяется сопротивление между средним и крайними выводами. Сверху резистор закрыт металлической крышкой (на рис. 67 — в середине), предохраняющей его от повреждений. Так или примерно так устроены все переменные резисторы, в том числе типов СП и ВК. Резисторы ТК (на рис. 67 — справа) отличаются от резисторов ВК только тем, что на их крышках смонтированы выключатели, используемые для включения источников питания.

СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТОРОВ НА СХЕМАХ

На принципиальных схемах, чтобы не загромождать их, используют систему сокращенных обозначений сопротивлений резисторов, при которой наименования единиц их сопротивлений (*ом*, *ком*, *Мом*) при числах не ставят.

Сопротивления резисторов от 1 до 999 *ом* обозначаются целыми числами, соответствующими омам.

Сопротивления резисторов от 1 до 999 *ком* обозначаются цифрами, указывающими число килоом, с буквой *к*. Сопротивления резисторов больших величин выражаются в мегомах, причем если

сопротивление резистора равно целому числу мегом, то для отличия от обозначения сопротивлений резисторов в омах после цифры ставятся запятая и нуль.

Примеры обозначения сопротивлений резисторов на схемах:
R_1 270 соответствует 270 *ом*;
R_2 6,8 *к* соответствует 6 800 *ом*;
R_3 56 *к* соответствует 56 *ком* (56 000 *ом*);
R_4 220 *к* соответствует 220 000 *ом* (0,22 *Мом*);
R_5 1,5 соответствует 1,5 *Мом*;
R_6 2,0 соответствует 2 *Мом*.

Такая система обозначения сопротивлений резисторов будет применена и в этой книге.

СОЕДИНЕНИЕ РЕЗИСТОРОВ

Представь себе такой случай. Тебе требуется резистор какого-то определенного сопротивления. А у тебя нет такого резистора, но есть резисторы других сопротивлений. Можно ли из них составить резистор нужного сопротивления? Можно, конечно, если знать элементарный расчет последовательного и параллельного соединений сопротивлений электрических цепей и резисторов.

При последовательном соединении резисторов (рис. 68) их общее сопро-

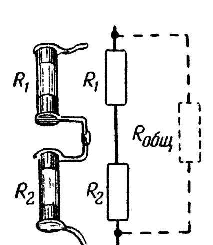


Рис 68. Последовательное соединение резисторов.

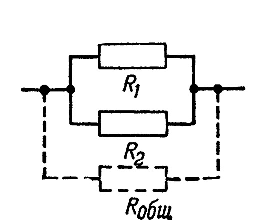


Рис. 69. Параллельное соединение резисторов

тивление $R_{общ}$ равно сумме сопротивлений всех соединенных в эту цепочку резисторов, т. е.

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3 \text{ и т. д.}$$

Так, например, если $R_1 = 15$ *ом* и $R_2 = 35$ *ом*, то их общее сопротивление $R_{общ} = 15 + 35 = 50$ *ом*.

При параллельном соединении резисторов (рис. 69) их общее сопротивление уменьшается и всегда меньше сопротивления каждого отдельно взятого резистора. Результирующее сопротивление

цепи из параллельно соединенных резисторов определяется по такой формуле:

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Допустим, что $R_1 = 20$ *ком*, а $R_2 = 30$ *ком*. В этом случае общее сопротивление участка цепи, состоящей из этих двух резисторов, равно:

$$R_{общ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \cdot 30}{20 + 30} = 12 \text{ ком}.$$

Когда параллельно соединяют два резистора одинакового сопротивления, их общее сопротивление равно половине величины одного из этих резисторов.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

За единицу разности потенциалов, или напряжения, а также электродвижущей силы принят в о л ь т (*в*). В математических выражениях напряжение обозначают латинской буквой U или u (читается «у»). Например, пишут: $U = 6{,}3$ *в*; $u = 220$ *в*.

Вольт — единица, характеризующая разность потенциалов на концах проводника или полюсах источника тока, создающая электрический «напор» электронов в проводнике. 1 *в* — это такая разность потенциалов, которая в цепи с сопротивлением 1 *ом* создает ток, равный 1 *а*.

Батарейка для карманного электрического фонарика, как ты уже знаешь, состоит из трех элементов, соединенных последовательно. На этикетке батарейки можно прочитать, что ее напряжение 3,7 *в*. Значит, напряжение каждого из элементов батарейки немногим больше 1,2 *в*.

Для питания некоторых радиоконструкций применяют батареи, составленные из нескольких десятков элементов. Батарея 102-АМЦ, например, состоит из 80 гальванических элементов, соединенных последовательно.

Напряжение измеряют в о л ь т м е т р о м, подключая его одноименными зажимами к полюсам источника тока или параллельно нагрузке, на которой необходимо измерить действующее на ней напряжение.

Для оценки напряжения применяются более крупная единица — к и л о в о л ь т (пишут *кв*), соответствующая 1 000 *в*, а также более мелкие единицы — м и л л и в о л ь т (пишут *мв*), равная 0,001 *в*, и м и к р о в о л ь т (пишут *мкв*), равная 0,001 *мв*. Эти напряжения измеряются соответственно к и л о в о л ь т м е т р а м и, м и л л и в о л ь т м е т р а м и и м и к р о в о л ь т м е т р а м и. Эти приборы, как и вольтметры, подключаются параллельно источникам тока или участкам цепей, на которых надо измерить напряжение.

Выясним теперь, в чем разница понятий «напряжение» и «электродвижущая сила» (э. д. с.).

Электродвижущая сила — это напряжение, которое существует между полюсами источника тока, пока к нему не подключена внешняя цепь — н а г р у з к а, например электрическая лампочка. Как только будет подключена внешняя цепь и в ней возникнет ток, напряжение между полюсами источника тока станет меньше. Это — р а б о ч е е напряжение.

Новый, недавно выпущенный с завода и не бывший в употреблении гальванический элемент дает э. д. с. около 1,5 *в*. При подключении к нему нагрузки напряжение на его полюсах становится равным примерно 1, 2—1,3 *в*. Это — рабочее напряжение. По мере расходования энергии элемента на питание внешней цепи его напряжение постепенно падает. Элемент считается негодным для дальнейшего применения, когда напряжение снижается до 0,7 *в*, хотя, если отключить внешнюю цепь, его э. д. с. будет больше этого напряжения.

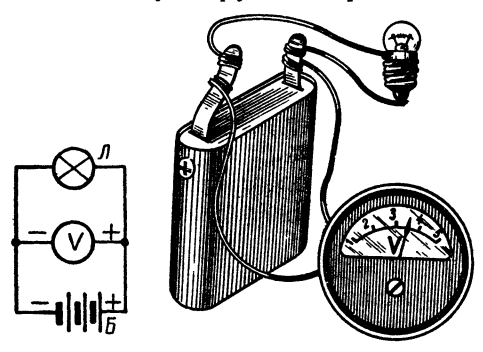


Рис. 70. Вольтметр подключают параллельно нагрузке.

Еще пример. Начальная э. д. с. батареи 102-АМЦ равна 104 *в*. При подключении к ней приемника она дает напряжение 100—102 *в*, которое по мере разряда батареи постепенно падает до 55—60 *в*. Но если разряженную батарею отключить, ее э. д. с. может оказаться больше 90 *в*. Тем не менее эту батарею надо заменить новой, так как она разрядилась.

Заметим, что когда говорят о переменном напряжении, например о напряжении электроосветительной сети, имеют в виду его действующее значение, составляющее примерно, как и действующее значение переменного тока, 0,7 амплитудного значения напряжения.

ЗАКОН ОМА

Простейшая электрическая цепь, показанная на рис. 71, состоит из трех основных элементов: источника тока, потребителя тока — нагрузки и проводников, соединяющих нагрузку с источником тока. Здесь резистор *R* — нагрузка, которой может быть, например, нить накала электрической или электронной лампы.

Нагрузка *R*, обладающая определенным сопротивлением, является участком цепи. Величина тока на этом участке цепи зависит от действующего на нем напряжения и его сопротивления: чем

больше напряжение и меньше сопротивление, тем больший ток будет идти по этому участку цепи. Эта зависимость тока от напряжения и сопротивления выражается следующей формулой:

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — ток, *а*;

U — напряжение, *в*;

R — сопротивление, *ом*.

Рис. 71. Простейшая электрическая цепь.

Читается это математическое выражение так: ток в участке цепи прямо пропорционален напряжению на нем и обратно пропорционален его сопротивлению. Это основной закон электротехники, именуемый **законом Ома** (по фамилии немецкого физика Ома) для участка электрической цепи.

Закон Ома можно записать еще так:

$$U = IR, \quad \text{или} \quad R = \frac{U}{I}.$$

Используя закон Ома, можно по двум известным величинам узнать неизвестную третью.

Приведем несколько примеров практического применения закона Ома.

Первый пример. На участке цепи, обладающем сопротивлением 5 *ом*, действует напряжение 25 *в*. Надо узнать величину тока на этом участке цепи.

Решение:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{25}{5} = 5a.$$

Второй пример. На участке цепи действует напряжение 120 *в*, создавая ток, равный 20 *ма*. Каково сопротивление этого участка цепи?

Прежде всего величину тока 20 *ма* нужно выразить в амперах: 0,02 *а*.

Решение:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{120}{0{,}02} = 6\,000 \text{ ом}, \quad \text{или} \quad 6 \text{ ком}.$$

Третий пример. Через участок цепи сопротивлением 10 *ком* течет ток величиной 20 *ма*. Каково напряжение, действующее на этом участке цепи?

Здесь, как и в предыдущем примере, ток должен быть выражен в амперах (20 *ма* = 0,02 *а*), а сопротивление — в омах (10 *ком* = = 10 000 *ом*).

Решение:

$$U = IR = 0{,}02 \cdot 10\,000 = 200 \text{ в}.$$

На цоколе лампочки карманного фонарика имеются надписи: 0,28 *а* и 3,5 *в*. Это означает, что лампочка будет нормально светиться при токе 0,28 *а*, который обусловливается напряжением 3,5 *в*. Пользуясь законом Ома, нетрудно подсчитать, что накаленная нить лампочки имеет сопротивление

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3,5}{0,28} = 12,5 \text{ ом}.$$

Заметим, что сопротивление остывшей нити лампочки меньше, чем накаленной.

Закон Ома справедлив не только для участка, но и для всей электрической цепи. В этом случае в значение R подставляется суммарное сопротивление всех элементов цепи. Однако при простейших расчетах цепей часто пренебрегают сопротивлением соединительных проводников и внутренним сопротивлением источника тока.

В связи с этим приведем еще один пример. Напряжение источника тока равно 300 *в*. Какой ток потечет в цепи, если нагрузка имеет сопротивление 600 *ом*?

Решение: $I = \frac{U}{R} = \frac{300}{600} = 0,5$ *а*.

Всеми этими формулами можно пользоваться и для расчета цепей переменного тока, если в них нет катушек индуктивности и конденсаторов.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОЧНОГО РЕЗИСТОРА НА ТОК И НАПРЯЖЕНИЕ ЦЕПИ

Теперь затронем такой вопрос: как влияет на ток резистор, включаемый в цепь последовательно с нагрузкой или параллельно ей?

Разберем такой пример. У нас имеются батарея с напряжением 7 *в* и лампочка от карманного фонарика, рассчитанная на напряжение 3,5 *в* и ток 0,28 *а*. Можно ли питать эту лампочку от такой батареи?

Выше мы подсчитали, что накаленная нить этой лампочки имеет сопротивление 12,5 *ом*. Если же питать ее от батареи с напряжением 7 *в*, через нее по закону Ома пройдет ток, почти вдвое превышающий тот ток, на который она рассчитана. Такой перегрузки нить не выдержит, она перекалится и разрушится. Но эту лампочку все же можно питать от 7-вольтовой батареи, если включить последовательно в цепь добавочный резистор сопротивлением 12,5 *ом*, как это показано на рис. 72.

В этом случае общее сопротивление внешней цепи будет равно 25 *ом* : 12,5 *ом* — сопротивление нити лампочки *Л* плюс 12,5 *ом* — сопротивление добавочного резистора *R*. При подключении рези-

стора сопротивлением 25 *ом* к источнику тока с напряжением 7 *в* в цепи потечет ток, равный 0,28 *а*, т. е. ток, на который рассчитана нить накала лампочки. Эту лампочку можно питать от батареи и с более высоким напряжением, если подобрать резистор соответствующего сопротивления.

В нашем примере добавочный резистор ограничил ток в цепи. Чем больше будет сопротивление этого резистора, тем меньше будет ток в цепи.

Запомни: при последовательном соединении резисторов ток одинаков во всех точках цепи. Можно включать амперметр в любую точку цепи, и всюду он будет показывать одну величину. Это явление можно сравнить с потоком воды в реке. Русло реки на различных участках может быть широким или узким, глубоким или мелким. Однако за определенный промежуток времени через любой участок русла реки всегда проходит одинаковое количество воды.

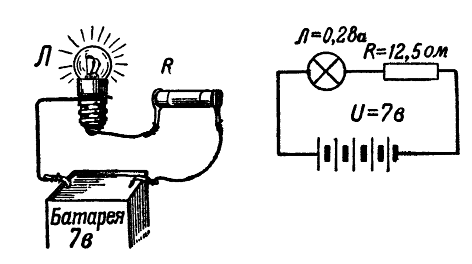


Рис. 72. Добавочный резистор, включенный последовательно с нагрузкой, ограничивает ток в цепи

Добавочный резистор, включаемый в цепь последовательно с нагрузкой (как, например, на рис. 72), можно рассматривать как резистор, «гасящий» часть напряжения, действующего в цепи. Напряжение, которое гасится добавочным резистором, или, как говорят, падает на нем, будет тем бóльшим, чем больше сопротивление этого резистора. Зная величину тока и сопротивление добавочного резистора, падение напряжения на нем легко подсчитать по знакомой тебе формуле

$$U = IR.$$

Здесь U — падение напряжения, *в*;
I — ток в цепи, *а*;
R — сопротивление добавочного резистора, *ом*.

Применительно к нашему примеру сопротивление резистора (рис. 72) погасило избыток напряжения

$$U = IR = 0{,}28 \cdot 12{,}5 = 3{,}5 \text{ в}.$$

Необходимое сопротивление резистора можно найти по другой знакомой тебе формуле

$$R = \frac{U}{I},$$

где R — искомое сопротивление добавочного резистора, *ом*;
U — напряжение, которое необходимо погасить, *в*;
I — ток в цепи, *а*.

Для нашего случая сопротивление добавочного резистора равно:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3,5}{0,28} = 12,5 \ ом.$$

Изменяя сопротивление добавочного резистора, можно уменьшить или увеличить напряжение, которое падает на нем, и таким образом регулировать ток в цепи.

Добавочный резистор может быть переменным как, например, на рис. 73. В этом случае имеется возможность плавно изменять напряжение, подводимое к нагрузке, а затем также плавно регулировать ток во внешней цепи. Включенный таким образом переменный резистор называют реостатом. С помощью реостатов в приемниках и усилителях, питаемых от батарей, регулируют, например, токи цепей накала ламп. Во многих кинотеатрах реостаты используют для плавного гашения света в зрительном зале.

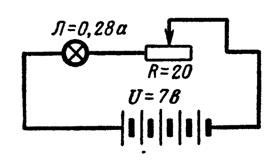


Рис. 73 Регулирование тока в цепи с помощью реостата

Но есть и другой способ подключения нагрузки к источнику тока с избыточным напряжением — с помощью переменного резистора, включенного потенциометром. Такое включение добавочного резистора показано на рис. 74. Здесь R_1 — потенциометр; R_2 — нагрузка, которой может быть та же лампочка для карманного фонарика или нить накала электрической лампы.

На потенциометре R_1 происходит падение напряжения источника тока, которое частично или полностью может быть подано к нагрузке R_2. Когда ползунок потенциометра перемещен в крайнее нижнее положение, к нагрузке R_2 напряжение вообще подаваться не будет (если это лампочка, она гореть не будет). По мере передвижения ползунка потенциометра вверх мы будем подавать все большее и большее напряжение к нагрузке R_2 (если это лампочка, ее нить будет сильнее накаливаться). Когда ползунок потенциометра окажется в крайнем верхнем положении, к нагрузке R_2 будет подано все напряжение источника тока (если R_2 — лампочка для карманного фонарика, а напряжение батареи большое, нить лампочки перегорит). Можно опытным путем найти такое положение ползунка потенциометра, при котором к нагрузке R_2 будет подано нужное напряжение.

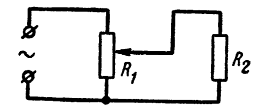


Рис. 74. Регулирование напряжения на нагрузке R_2 цепи с помощью потенциометра R_1.

Потенциометры широко используют для регулирования громкости в приемниках и усилителях.

Добавочный резистор может быть непосредственно подключен параллельно нагрузке. В этом случае ток на этом участке цепи

разветвляется и идет двумя параллельными путями: через добавочный резистор и основную нагрузку. Наибольший ток будет в ветви с наименьшим сопротивлением. Сумма же токов обеих ветвей будет равна току, расходуемому на питание всей внешней цепи.

К параллельному соединению прибегают в тех случаях, когда надо ограничить величину тока не во всей цепи, как при последовательном включении добавочного резистора, а только в каком-то участке ее. Добавочные резисторы подключают, например, параллельно миллиамперметрам или микроамперметрам, чтобы ими можно было измерять большие токи. Такие резисторы называют шунтирующими резисторами или шунтами.

ИНДУКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

В цепи переменного тока на величину тока влияет не только сопротивление проводника, включенного в цепь, но и его индуктивность. Поэтому в цепях переменного тока различают так называемое омическое или активное сопротивление, определяемое свойствами материала проводника, и индуктивное сопротивление, определяемое индуктивностью проводника.

Прямой проводник обладает сравнительно небольшой индуктивностью. Но если этот проводник свернуть в катушку, его индуктивность увеличится. При этом увеличится и сопротивление, оказываемое им переменному току, — ток в цепи уменьшится.

Запомни: сопротивление катушки индуктивности переменному току возрастает с увеличением ее индуктивности и частоты проходящего по ней тока. Это свойство катушки используется в различных цепях приемников, когда требуется ограничить величину тока высокой частоты или выделить колебания высокой частоты, в выпрямителях переменного тока и во многих других случаях, с которыми тебе еще придется столкнуться на практике.

Единицей индуктивности является генри (*гн*). Индуктивностью 1 *гн* обладает такая катушка, у которой при изменении тока на 1 *а* в течение 1 *сек* развивается э. д. с. самоиндукции, равная 1 *в*. Этой единицей пользуются для определения индуктивности катушек, которые включаются в цепи токов низкой частоты. Индуктивность катушек, используемых в колебательных контурах, измеряют в тысячных долях генри, называемых миллигенри (*мгн*), или еще в тысячу раз меньшей единицей — микрогенри (*мкгн*).

МОЩНОСТЬ И РАБОТА ТОКА

На нагрев нити накала электрической или электронной лампы, электропаяльника, электроплитки или иного прибора затрачивается некоторое количество электроэнергии. Эта энергия, отда-

ваемая источником тока (или получаемая от него нагрузкой) в течение 1 *сек*, называется м о щ н о с т ь ю тока. За единицу мощности тока принят в а т т (*вт*). Ватт — это мощность, которую развивает постоянный ток 1 *а* при напряжении 1 *в*. В формулах мощность тока обозначают латинской буквой P (читается «пэ»).

Электрическую мощность в ваттах узнают умножением напряжения в вольтах на ток в амперах, т. е. $P = UI$.

Если, например, источник постоянного тока с напряжением 2 *в* создает в цепи ток 1 *а*, то мощность тока

$$P = UI = 2 \cdot 1 = 2 \text{ вт}.$$

Пользуясь этой формулой, можно, например, подсчитать мощность, потребляемую лампочкой карманного фонаря, если умножить 3,5 *в* на 0,28 *а*. Получаем около 1 *вт*.

Изменив эту формулу так:

$$I = \frac{P}{U},$$

можно узнать величину тока, протекающего через электрический прибор, если известны потребляемая им мощность и напряжение, при котором он работает.

Какова, например, величина тока, идущего через электрический паяльник, если известно, что при напряжении 127 *в* он потребляет мощность 60 *вт*?

Решение:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{60}{127} \approx 0,5 \text{ а}.$$

Если известны величина тока и сопротивление цепи, но неизвестно напряжение, мощность можно подсчитать по такой формуле:

$$P = I^2R.$$

Когда же известны напряжение, действующее в цепи, и сопротивление этой цепи, то для подсчета мощности используют такую формулу:

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

Ватт — сравнительно небольшая единица мощности. Когда приходится иметь дело с электрическими устройствами, приборами или машинами, потребляющими токи в десятки, сотни ампер, используют единицу мощности к и л о в а т т (пишут *квт*), равную 1 000 *вт*. Мощности электродвигателей заводских станков, например, могут быть от нескольких единиц до десятков киловатт.

Количественный расход электроэнергии оценивается в а т т - с е к у н д а м и, т. е. умножением мощности, потребляемой прибором, на время его работы в секундах. Если, например, лампочка

твоего карманного электрического фонарика (ее мощность, как ты уже знаешь, около 1 *вт*) горела 25 *сек*, значит расход энергии составил 25 ватт-секунд.

Однако ватт-секунда величина очень малая. Поэтому на практике используют более крупные единицы расхода электроэнергии: ватт-час, гектоватт-час и киловатт-час.

Чтобы расход энергии был выражен в ватт-часах или киловатт-часах, нужно соответственно мощность в ваттах или киловаттах умножить на время в часах. Если, например, прибор потребляет мощность 0,5 *квт* в течение 2 *ч*, то расход энергии составит $0{,}5 \cdot 2 = 1$ киловатт-час. 1 киловатт-час энергии будет также израсходован, если в цепи будет идти ток мощностью 1 *квт* в течение получаса, 4 *квт* в течение четверти часа и т. д.

Электрический счетчик, установленный в доме или квартире, где ты живешь, учитывает расход электроэнергии в киловатт-часах. Умножив показания счетчика на стоимость киловатт-часа (4 коп.), ты узнаешь, на какую сумму израсходовано энергии за неделю, месяц.

При работе с гальваническими элементами или батареями говорят о их электрической емкости в ампер-часах, которая выражается произведением величины разрядного тока на длительность работы в часах.

Начальная емкость свежей батарейки карманного фонарика, например, 0,5 ампер-часа. Подсчитай: сколько времени будет батарейка непрерывно работать, если разряжать ее током 0,28 *а* (ток лампочки фонарика)? Примерно один и три четверти часа. Если же эту батарейку разряжать увеличенным током, например током 0,5 *а*, она будет работать меньше 1 *ч*.

Второй пример. Начальная емкость батареи, предназначенной для питания цепей накала радиоламп, 500 ампер-часов. Ее рекомендуется разряжать током не более 500 *ма* (0,5 *а*). При таком разрядном токе она будет работать 500 : 0,5 = 1 000 *ч*, а при разрядном токе 100 *ма* 5 000 *ч*.

Таким образом, зная емкость источника тока и ток, потребляемый нагрузкой, можно подсчитать время, в течение которого он будет работать.

Начальная емкость, а также рекомендуемый разрядный ток или сопротивление внешней цепи, определяющее разрядный ток, обычно указываются на этикетке элемента или батареи.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Переменный ток выгодно отличается от постоянного тока тем, что он чудесным образом поддается трансформированию, т. е. преобразованию тока относительно высокого напряжения в ток более низкого напряжения или наоборот.

Трансформаторы — устройства, служащие для преобразования переменного тока, — дают возможность передавать переменный ток по проводам на большие расстояния с малыми потерями энергии. Для этого переменное напряжение, вырабатываемое генераторами на электростанциях, с помощью трансформаторов повышают до напряжения в несколько сотен тысяч вольт и «посылают» по высоковольтным линиям в различных направлениях. В городах и селах на расстоянии сотен километров от электростанций это напряжение понижают трансформаторами до более низкого, которым и питают лампочки освещения, двигатели и другие электрические приборы.

Трансформаторы широко применяются и в радиотехнике.

Трансформатор изобретен был Павлом Николаевичем Яблочковым в 1876 г. Среди конструкторов первых трансформаторов был русский электротехник-самоучка Иван Филиппович Усагин, демонстрировавший свой трансформатор в 1882 г. на выставке в Москве.

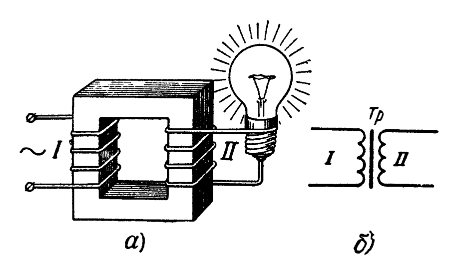


Рис. 75. Трансформатор с сердечником из стали.

а — устройство; *б* — схематическое изображение.

Схематическое устройство простейшего трансформатора показано на рис. 75. Он состоит из двух катушек из изолированного провода, именуемых о б м о т к а м и, насаженных на сердечник, собранный из пластин специальной, так называемой трансформаторной стали.

Обмотки трансформатора изображают на схемах так же, как катушки индуктивности. Толстая линия между ними обозначает сердечник.

Действие трансформатора основано на электромагнитной индукции. Переменный ток, текущий по одной из обмоток, создает вокруг нее и в стальном сердечнике переменное магнитное поле. Это поле пересекает витки другой обмотки трансформатора, индуцируя в ней переменную э. д. с. той же частоты. Если на концы этой обмотки подключить какую-либо нагрузку, например лампочку накаливания, то в получившейся замкнутой цепи потечет переменный ток.

Обмотку, к которой подводится переменный ток, предназначенный для трансформирования, называют п е р в и ч н о й о б м о т к о й, а обмотку, в которой индуцируется переменный ток, — в т о р и ч н о й о б м о т к о й.

Напряжение, которое получается на концах вторичной обмотки, зависит от соотношения чисел витков первичной и вторичной обмоток. При одинаковом числе витков в обмотках напряжение на вторичной обмотке приблизительно равно напряжению, подведенному

к первичной обмотке. Если вторичная обмотка трансформатора содержит меньшее число витков, чем первичная, то и напряжение ее меньше, чем напряжение, подводимое к первичной обмотке. И, наоборот, если вторичная обмотка содержит больше витков, чем первичная, то развиваемое в ней напряжение больше напряжения, подводимого к первичной обмотке. В первом случае трансформатор будет п о н и ж а т ь напряжение, а во втором случае п о в ы ш а т ь его.

Напряжение, индуцируемое во вторичной обмотке, можно довольно точно подсчитать, зная отношение витков обмоток трансформатора: во сколько раз она имеет большее (или меньшее) число витков по сравнению с числом витков первичной обмотки, во столько же раз напряжение в ней будет больше (или меньше) по сравнению с напряжением, подводимым к первичной обмотке. Так, например, если одна обмотка трансформатора имеет 1 000 витков, а вторая 2 000 витков, то, включив первую обмотку в сеть переменного тока с напряжением 127 *в*, мы получим во второй обмотке напряжение 254 *в* — это повышающий трансформатор. Если же напряжение 127 *в* подвести к обмотке, имеющей 2 000 витков, то в обмотке, содержащей 1 000 витков, мы получим напряжение около 63,5 *в* — это понижающий трансформатор. Обмотка, имеющая 2 000 витков, в первом случае будет вторичной, а во втором случае — первичной.

При этом ты должен понимать, что мощность тока ($P = UI$), которую можно получить в цепи вторичной обмотки, никогда не превышает мощности тока первичной обмотки. Это значит, что получить от нее одну и ту же мощность можно, повышая напряжение и уменьшая ток, либо потребляя от нее пониженное напряжение при увеличенном токе. Следовательно, повышая напряжение, мы проигрываем в величине тока, а выигрывая в величине тока, мы проигрываем в напряжении.

Для питания радиоаппаратуры используют трансформаторы с несколькими вторичными обмотками с различными числами витков. С помощью таких трансформаторов, называемых т р а н с ф о р м а т о р а м и п и т а н и я, получают несколько напряжений, питающих разные цепи.

Наибольшая мощность тока, которая может быть трансформирована, зависит от размера сердечника трансформаторов и диаметра проводов, из которых выполнены обмотки. Чем больше объем сердечника, тем бóльшая мощность тока может быть трансформирована. Практически же в трансформаторе всегда бесполезно теряется часть мощности. Поэтому мощность в цепи вторичной обмотки (или сумма мощностей, получаемых от всех вторичных обмоток) всегда несколько меньше мощности, потребляемой первичной обмоткой.

Пользуясь трансформаторами, помни, что постоянный ток не трансформируется. Но если в первичной обмотке трансформатора течет пульсирующий ток, то в цепи вторичной обмотки будет индуцироваться переменный ток, частота которого будет равна частоте

пульсаций тока в первичной обмотке. Это свойство трансформатора используется для связи между разными цепями, разделения пульсирующего тока на его составляющие и ряда других целей, о которых разговор будет впереди.

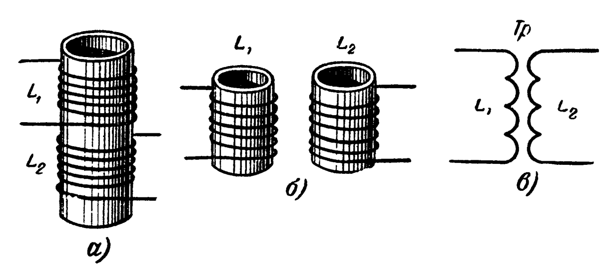


Рис. 76. Трансформаторы высокой частоты без сердечника.

а — катушки трансформатора с общим каркасом; *б* — катушки трансформатора на отдельных каркасах; *в* — обозначение на схемах.

Все трансформаторы со стальными сердечниками называют **трансформаторами низкой частоты**, так как они приемлемы для преобразования только переменного тока низкочастотного диапазона.

Трансформаторы высокой частоты, принцип действия которых также основан на электромагнитной индукции, могут быть без сердечников. Их обмотки (катушки) располагаются на одном или разных каркасах, но обязательно близко одна к другой (рис. 76). При появлении тока высокой частоты в одной из катушек вокруг нее возникает быстропеременное магнитное поле, которое индуцирует во второй катушке точно такой же ток высокой частоты.

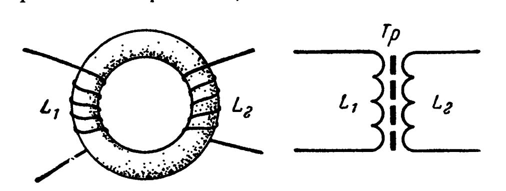


Рис. 77. Высокочастотный трансформатор с магнитодиэлектрическим сердечником и его схематическое изображение.

Иногда с целью усиления связи между катушками в высокочастотных трансформаторах используют сердечники в виде стержней или колец (рис. 77), представляющих собой спрессованную массу из неметаллических материалов. Их называют **магнитодиэлектрическими** или **высокочастотными** сердечниками. Наиболее распространены **ферритовые** сердечники.

Ферритовые сердечники не только усиливают связь между катушками, но и повышают их индуктивность, за счет чего они могут иметь меньше витков по сравнению с катушками без сердечника.

Магнитодиэлектрический сердечник высокочастотного трансформатора обозначают на схемах пунктирной линией, расположенной, как и у низкочастотного трансформатора, между катушками.

КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ

О некоторых свойствах конденсатора — «накопителя» электрических зарядов — мы тебе рассказали в первой и четвертой беседах. Тогда же мы говорили, что емкость конденсатора будет тем значительнее, чем больше площадь его обкладок и чем тоньше слой диэлектрика между ними.

Основной единицей измерения электрической емкости является ф а р а д а (сокращенно *ф*).

Однако емкость 1 *ф* — это очень большая емкость. Земной шар, например, обладает емкостью меньше 1 *ф*. В электро- и радиотехнике пользуются единицей емкости, равной миллионной доле фарады, которую называют м и к р о ф а р а д о й (сокращенно *мкф*). В одной фараде 1 000 000 *мкф*, т. е. 1 *мкф* = 0,000001 *ф*. Но и эта единица емкости часто оказывается слишком большой. Поэтому существует еще более мелкая единица емкости, именуемая п и к о ф а р а д о й (сокращенно *пф*), представляющая собой миллионную долю микрофарады, т. е. 0,000001 *мкф*. 1 *мкф* содержит 1 000 000 *пф*.

Все конденсаторы, будь то постоянные или переменные, характеризуются прежде всего их емкостями, выраженными соответственно в пикофарадах или микрофарадах. На принципиальных схемах емкость конденсаторов от 1 до 9 999 *пф* указывают целыми числами, соответствующими их емкостям в этих единицах, а емкость конденсаторов от 0,01 *мкф* (10 000 *пф*) и больше — в долях микрофарады или микрофарадах без обозначений *пф* или *мкф*. Если емкость конденсатора равна целому числу микрофарад, то в отличие от обозначения емкости в пикофарадах после последней значащей цифры ставятся запятая и нуль.

Примеры обозначения емкостей конденсаторов в схемах:
$C_1$47 соответствует 47 *пф*;
$C_2$3 3000 соответствует 3 300 *пф*;
$C_3$0,05 соответствует 0,05 *мкф* (50 000 *пф*);
$C_4$0,5 соответствует 0,5 *мкф*;
$C_5$20,0 соответствует 20 *мкф*.

Конденсаторы, как и резисторы, можно соединить п а р а л л е л ь н о или п о с л е д о в а т е л ь н о. К соединению конденсаторов прибегают чаще всего в тех случаях, когда под руками нет конденсатора нужной емкости, но имеются другие, из которых можно составить необходимую емкость.

Если соединить конденсаторы параллельно (рис. 78, *а*), то их общая емкость будет равна сумме емкостей всех соединенных конденсаторов, т. е.

$$C_{общ} = C_1 + C_2 + C_3 \text{ и т. д.}$$

Так, например, если $C_1 = 30$ *пф* и $C_2 = 50$ *пф*, то общая их емкость будет:

$$C_{общ} = 30 + 50 = 80 \text{ пф}.$$

При последовательном соединении конденсаторов (рис. 78, *б*) их общая емкость всегда меньше наименьшей емкости, включенной в цепочку. Она подсчитывается по формуле

$$C_{общ} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

П р и м е р. Допустим, что $C_1 = 200$ *пф*, а $C_2 = 300$ *пф*; тогда

$$C_{общ} = \frac{200 \cdot 300}{200 + 300} = 120 \text{ пф}.$$

Когда соединяют последовательно два конденсатора одинаковой емкости, общая емкость их будет вдвое меньше емкости каждого из конденсаторов.

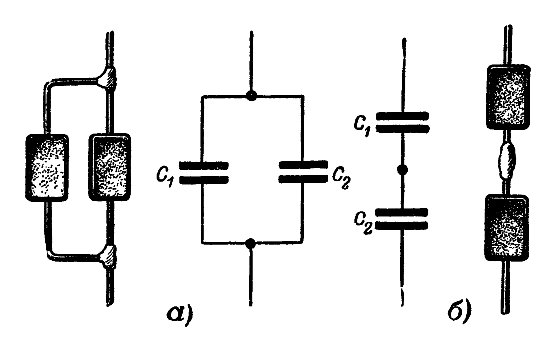


Рис. 78. Соединение конденсаторов.
а — параллельное; *б* — последовательное.

Если конденсатор включить в цепь постоянного тока, то ток в этой цепи прекратится. Да это и понятно: через изолятор, которым является диэлектрик конденсатора, постоянный ток течь не может. Включение конденсатора в цепь постоянного тока равноценно разрыву ее (мы не принимаем во внимание момент включения, когда в цепи появляется кратковременный ток заряда конденсатора).

Совсем иначе ведет себя конденсатор в цепи переменного тока.

Ты знаешь, что напряжение на зажимах источника переменного тока периодически меняется. Поэтому если включить конденсатор в цепь, питаемую от такого источника тока, его обкладки будут попеременно перезаряжаться с частотой этого тока. В результате в цепи будет протекать переменный ток.

Но конденсатор подобно резистору и катушке индуктивности оказывает переменному току сопротивление, но по-разному для

токов различных частот. Он может хорошо пропускать токи высокой частоты и одновременно быть почти изолятором для токов низкой частоты.

Вспомни наши советы по использованию проводов электроосветительной сети вместо антенны. Мы рекомендовали подключать контур приемника к сети через конденсатор емкостью 300—500 *пф*. Случайно ли выбрана такая емкость конденсатора? Нет, не случайно. Конденсатор такой емкости хорошо пропускает токи высокой частоты, необходимые для работы приемника, но оказывает большое сопротивление переменному току с частотой 50 *гц*, текущему в сети. В этом случае он становится своеобразным фильтром, пропускающим ток высокой частоты и задерживающим ток низкой частоты.

Сопротивление конденсатора переменному току зависит от его емкости и частоты тока: чем больше емкость конденсатора и частота тока, тем меньше его емкостное сопротивление.

Это емкостное сопротивление конденсатора можно с достаточной точностью определить по такой упрощенной формуле:

$$R_c = \frac{1}{6fC},$$

где R_c — емкостное сопротивление конденсатора, *ом*; f — частота тока, *гц*; C — емкость данного конденсатора, *ф*; цифра 6 — округленное до целых единиц значение 2π (точнее 6,28, так как $\pi = 3{,}14$).

Пользуясь этой формулой, давай узнаем, как вел себя конденсатор по отношению к переменным токам, когда ты использовал провода электросети в качестве антенны.

Допустим, что емкость конденсатора была 500 *пф* (500 *пф* = = 0,0000000005 *ф*). Частота тока электросети 50 *гц*. За среднюю частоту радиосигналов возьмем 1 *Мгц* (1 000 000 *гц*), что соответствует волне длиной 300 *м*.

Какое сопротивление оказывает этот конденсатор радиочастоте?

$$R_c = \frac{1}{6 \cdot 1\,000\,000 \cdot 0{,}0000000005} \approx 300 \text{ ом}.$$

А переменному току электросети?

$$R_c = \frac{1}{6 \cdot 50 \cdot 0{,}0000000005} = 7 \text{ Мом}.$$

И вот результат: конденсатор емкостью 500 *пф* оказывает току высокой частоты в 20 000 раз меньшее сопротивление, чем току низкой частоты. Убедительно?

Запомни: сопротивление конденсатора переменному току уменьшается с увеличением его емкости и частоты тока и, наоборот, увеличивается с уменьшением его емкости и частоты тока.

Свойство конденсатора не пропускать постоянный ток и проводить по-разному переменные токи различных частот используют для разделения пульсирующих токов на их составляющие, задер-

жания токов одних частот и пропускания токов других частот. Этим свойством конденсаторов ты будешь часто пользоваться в своих конструкциях.

Как устроены конденсаторы постоянной емкости?

Все конденсаторы постоянной емкости имеют токопроводящие обкладки, между которыми находится изолятор — керамика (фарфор), слюда, бумага или какой-либо другой твердый диэлектрик.

По виду используемого диэлектрика конденсаторы называют соответственно керамическими, слюдяными, бумажными.

Внешний вид некоторых керамических конденсаторов постоянной емкости показан на рис. 79. У них диэлектриком служит специальная керамика, обкладками — тонкие слои серебра, нанесенные на поверхности керамики, а выводами — медные посеребренные проволочки или полоски, припаянные к обкладкам. Сверху корпуса конденсаторов покрыты эмалью.

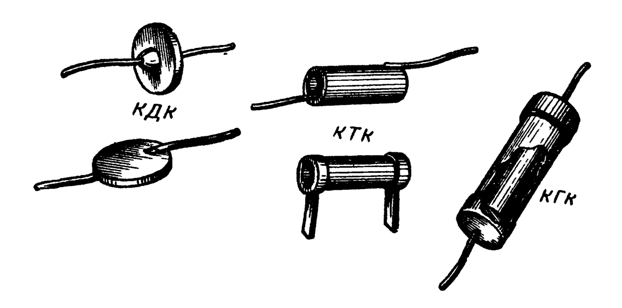


Рис. 79. Керамические конденсаторы постоянной емкости.

Наиболее распространены конденсаторы типов КДК (конденсатор дисковый керамический) и КТК (конденсатор трубчатый керамический). У конденсатора типа КТК одна обкладка нанесена на внутреннюю, а вторая на внешнюю поверхность тонкостенной керамической трубочки.

Иногда трубчатые конденсаторы помещают в герметические фарфоровые «футлярчики» с металлическими колпачками на концах. Это конденсаторы типа КГК.

Конденсаторы КДК, КТК и КГК обладают сравнительно небольшими емкостями. Их ставят в те цепи, в которых течет ток высокой частоты (цепь антенны, колебательный контур), для связи между ними.

Чтобы получить конденсатор небольших размеров, но обладающий сравнительно большой емкостью, его делают не из двух, а из нескольких пластинок, сложенных в стопку и отделенных друг от друга диэлектриком (рис. 80). В этом случае каждая пара располо-

женных рядом пластин образует конденсатор. Если эти пары соединить параллельно, получится конденсатор значительной емкости.

Так устроены все конденсаторы со слюдяным диэлектриком. Их обкладками служат листочки из алюминиевой фольги или слои серебра, нанесенные непосредственно на слюду, а выводами —кусочки посеребренной проволоки. Такие конденсаторы выпускаются опрессованными пластмассой. Это конденсаторы КСО. В их наименовании имеется еще цифра, характеризующая форму и размеры оболочки конденсаторов, например: КСО-1, КСО-5. Чем больше значение цифры, тем больше и размер конденсатора.

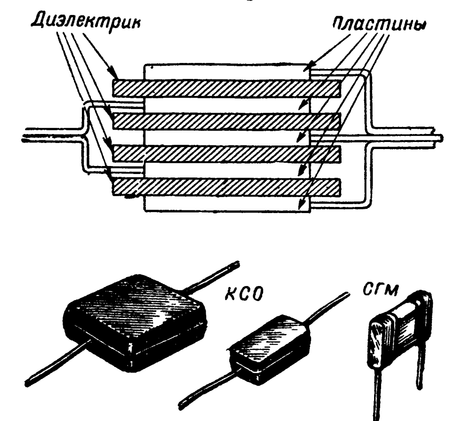


Рис. 80. Слюдяные конденсаторы.

Некоторые слюдяные конденсаторы выпускаются в керамических влагонепроницаемых корпусах. В этом случае они называются конденсаторами типа СГМ.

Емкость слюдяных конденсаторов бывает от 47 до 50 000 *пф*. Как и керамические, они предназначены для высокочастотных цепей, а также для использования в качестве блокировочных и переходных емкостей.

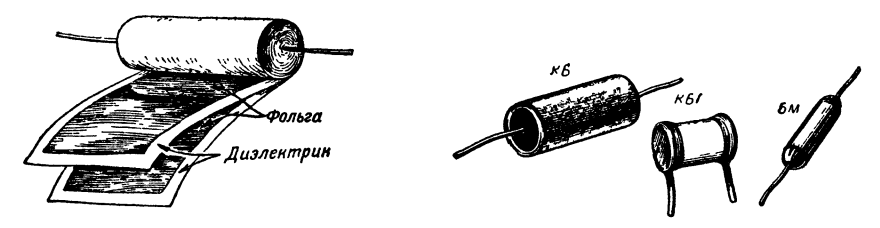


Рис. 81. Бумажные конденсаторы.

В бумажных конденсаторах (рис. 81) диэлектриком служит пропитанная вазелином тонкая бумага, а обкладками —фольга. Полоски бумаги вместе с обкладками свертывают в рулон и помещают в картонный или металлический корпус. Чем шире и длиннее обкладки, тем больше емкость конденсатора.

Разновидностей конденсаторов с бумажным диэлектриком много. И все они имеют в своем обозначении букву Б (бумажные). Конденсаторы типа БМ заключены в металлические трубочки, залитые с торцов специальной смолой. Конденсаторы типа КБ имеют кар-

тонные цилиндрические корпуса. Конденсаторы типа КБГ-И помещают в фарфоровые корпуса с металлическими торцовыми колпачками, соединенными с обкладками, от которых отходят узкие выводные лепестки.

Конденсаторы БМ выпускают от 510 до 0,05 *мкф*. Конденсаторы типа КБ выпускают от 4 700 *пф* до 0,5 *мкф*, конденсаторы КБГ-И — от 4 700 *пф* до 0,25 *мкф*. Конденсаторы емкостью до нескольких микрофарад выпускают в металлических корпусах. К ним относятся конденсаторы типов КБГ-МП, КБГ-МН, КБГТ. Иногда в одном корпусе находятся два-три таких конденсатора.

Бумажные конденсаторы применяют главным образом в низкочастотных цепях, а также для блокировки источников питания.

Особую группу конденсаторов постоянной емкости составляют электролитические конденсаторы (рис. 82). По внутреннему устройству электролитический конденсатор несколько напоминает бумажный. В нем также имеются две ленты из алюминиевой фольги. Поверхность одной из них покрыта тончайшим слоем окиси. Между алюминиевыми лентами проложена лента из пористой бумаги, пропитанной специальной густой жидкостью — электролитом. Эта трехслойная полоса скатывается в рулон и помещается в алюминиевый цилиндрический стакан или патрончик.

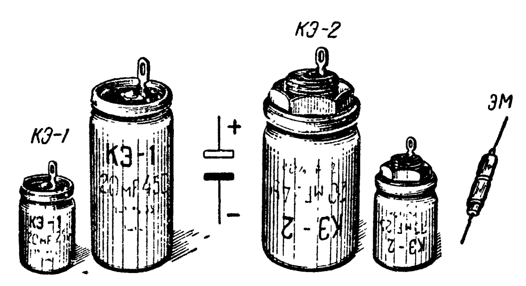


Рис. 82. Электролитические конденсаторы и их обозначение на схемах.

Диэлектриком такого конденсатора служит слой окиси. Одной его обкладкой является та лента, которая имеет слой окиси. Она соединяется с изолированным от корпуса лепестком. Вторая обкладка — пропитанная электролитом бумага. Она через ленту, на которой нет слоя окиси, соединяется с металлическим корпусом. Таким образом, корпус является одним, а изолированный лепесток — вторым выводом электролитического конденсатора.

Среди радиолюбителей наиболее распространены конденсаторы типов КЭ-1, КЭ-2 и ЭМ. Конденсаторы КЭ-2 отличаются от конденсаторов КЭ-1 только пластмассовой втулкой с резьбой и гайкой для крепления на панели. Конденсаторы ЭМ малогабаритные. Их алюминиевые корпуса имеют форму патрончика диаметром 4,5—6 и длиной 15—20 *мм*. Выводы — проволочные.

Емкость конденсаторов КЭ до нескольких десятков микрофарад. Емкость конденсаторов ЭМ от 0,5 до 25—30 *мкф*.

Электролитические конденсаторы предназначены для работы в фильтрах выпрямителей, шунтирования цепей с пульсирующим

током, связи между низкочастотными цепями. При этом корпус, являющийся отрицательным выводом конденсатора, соединяется с отрицательным полюсом цепи, а изолированный от корпуса положительный вывод — с положительным полюсом ее. При несоблюдении полярности при включении электролитического конденсатора он может испортиться.

На схемах положительную обкладку электролитического конденсатора изображают прямоугольником, который в отличие от прямоугольника отрицательной обкладки не зачерняют. Рядом могут стоять знаки «+» и «—», обозначающие полярность конденсатора.

Важнейшей характеристикой любого конденсатора постоянной емкости является его рабочее напряжение, т. е. то напряжение, при котором конденсатор может длительное время работать. Это напряжение зависит от свойств и толщины слоя диэлектрика конденсатора.

Керамические, слюдяные и бумажные конденсаторы различных типов рассчитаны на рабочие напряжения от 150 до 1 000 *в* и более.

Электролитические конденсаторы выпускаются на рабочие напряжения от нескольких вольт до 30—50 *в* и от 150 до 450—500 *в*. В связи с этим они подразделяются на две группы: низковольтные и высоковольтные. Конденсаторы первой группы используются в цепях со сравнительно небольшим напряжением, а конденсаторы второй группы — в цепях с высоким напряжением.

Подбирая конденсаторы для своих конструкций, всегда обращай внимание на их рабочие напряжения. В цепи с меньшим напряжением, чем рабочее, конденсаторы включать можно, но в цепи с напряжением, превышающим рабочее, их включать нельзя. Если на обкладках конденсатора окажется напряжение, превышающее его рабочее напряжение, то диэлектрик пробьется. Пробитый конденсатор непригоден для работы в радиосхемах.

КОНДЕНСАТОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЕМКОСТИ

Простейший конденсатор переменной емкости устроен следующим образом (рис. 83). Одна его обкладка неподвижна. Она называется статором. Вторая — ротор — скреплена с осью. Если ось вращать, площадь перекрытия обкладок, а вместе с нею и емкость конденсатора будут изменяться.

Конденсаторы переменной емкости, применяемые в колебательных контурах, состоят из двух групп пластин (рис. 84), сделанных из листового алюминия или латуни. Пластины ротора соединены осью. Статорные пластины также соединены и изолированы от ротора. При вращении оси пластины статорной группы постепенно входят в воздушные зазоры между пластинами роторной группы, от чего емкость конденсатора плавно изменяется.

Когда пластины ротора полностью выведены из зазоров между пластинами статора, емкость конденсатора наименьшая: ее называют начальной. Когда роторные пластины полностью введены между пластинами статора, емкость конденсатора наибольшая. Эта максимальная емкость конденсатора будет тем больше, чем больше в нем пластин и чем меньше расстояние между подвижными и неподвижными пластинами.

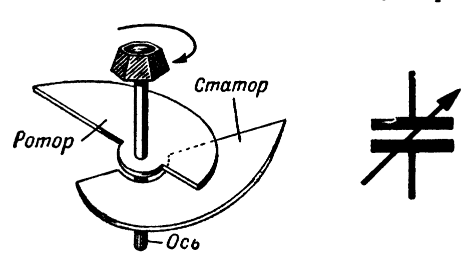


Рис. 83. Простейший конденсатор переменной емкости.

Наиболее распространены конденсаторы переменной емкости, имеющие начальную емкость 15—25 *пф* и наибольшую 450—500 *пф*. Такой конденсатор мы рекомендовали для настройки твоего первого радиоприемника.

В приемнике с двумя настраивающимися колебательными контурами мы будем рекомендовать использовать блок конденсаторов переменной емкости (рис. 85). В нем два конденсатора, роторы которых имеют общую ось. При вращении оси одновременно изменяются емкости обоих конденсаторов.

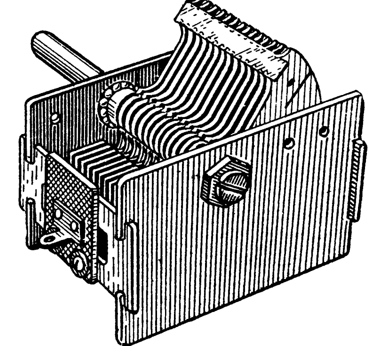


Рис. 84. Конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком

Одиночные конденсаторы и блоки конденсаторов переменной емкости требуют к себе бережного отношения. Даже незначительное искривление или иное повреждение пластин приводит к замыканию между ними. Исправление же пластин конденсатора —дело сложное.

У конденсаторов переменной емкости, о которых мы здесь рассказали, диэлектриком служит воздух, поэтому их иногда называют конденсаторами с воздушным диэлектриком.

Есть конденсаторы с твердым диэлектриком, роль которого выполняют бумага, слюда, пластмассовые пленки, керамика. Такие конденсаторы при меньших габаритах, чем конденсаторы с воздушным диэлектриком, могут иметь значительные емкости. К числу таких конденсаторов относятся, например, так называемые подстроечные конденсаторы, являющиеся разновидностью конденсаторов переменной емкости. Чаще всего они используются для подстройки контуров в резонанс, поэтому они именуются подстроечными. Их называют еще полупеременными конденсаторами или триммерами.

Конструкции наиболее распространенных конденсаторов КПК (конденсатор подстроечный керамический) показаны на рис. 86. Каждый из них состоит из сравнительно массивного керамического основания и тонкого керамического диска. На поверхность основания (под диском) и диск нанесены в виде секторов металлические слои, являющиеся обкладками конденсатора. При вращении диска вокруг оси изменяется площадь перекрытия секторов-обкладок, изменяется емкость конденсатора.

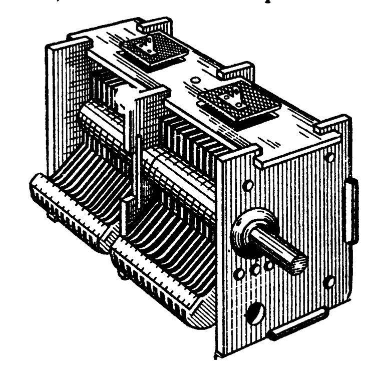


Рис. 85. Одна из конструкций блока конденсаторов переменной емкости.

Емкость подстроечных конденсаторов указывается в виде дробного числа, где числитель — наименьшая, а знаменатель — наибольшая емкость данного конденсатора. Если, например, на конденсаторе указано: 6/30, то это значит, что наименьшая его емкость 6 *пф*, а наибольшая 30 *пф*.

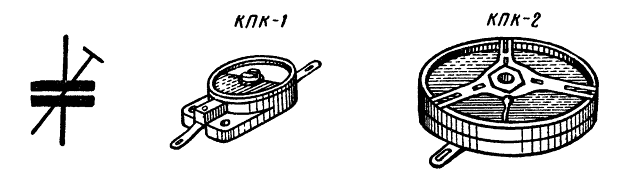


Рис. 86. Подстроечные конденсаторы и их схематическое обозначение.

Подстроечные конденсаторы обычно имеют наименьшую емкость 5—8 *пф*, а наибольшую до 100—150 *пф*.

ПЛАВКИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬ

Этот прибор, представляющий собой проволочку, толщина которой рассчитана на пропускание тока некоторой определенной величины, например 0,5; 2; 10 *а* и т. д., предохраняет источник тока от перегрузки. Предохранители имеют все электросети, иногда штепсельные розетки, радиоконструкции, питающиеся от электроосветительной сети.

Плавкий предохранитель вставляют в разрыв электрической цепи, чтобы через него проходил весь ток, потребляемый цепью. Пока ток не превышает допустимой нормы, проволочка предохранителя чуть теплая или совсем холодная. Но как только в цепи

появится недопустимо большая нагрузка или произойдет короткое замыкание, ток резко возрастет, расплавит проволочку и цепь автоматически разорвется.

Патрон плавкого предохранителя, используемого в осветительной электросети, устроен так же, как патрон электролампы. В него ввертывается фарфоровая «пробка» (рис. 87 — слева), внутри которой имеется свинцовая проволочка. Один конец ее припаян к металлическому донышку пробки, а другой — к металлическому цилиндру с резьбой, которым предохранитель ввертывается в патрон.

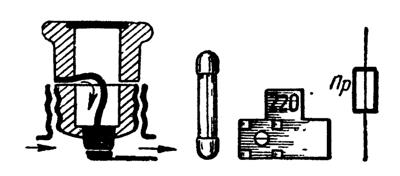


Рис. 87. Плавкие предохранители и их изображение на схемах.

Проволочка плавкого предохранителя радиоконструкции (рис. 87 — в середине и справа) заключена в стеклянную трубочку или между картонками. Концы проволочки припаяны к металлическим колпачкам или пластинкам, выполняющим роль контактов. Этими контактами предохранитель вставляют между двумя металлическими стоечками, к которым подведены провода защищаемой от перегрузок сети.

Причину, вызвавшую перегорание предохранителя, надо найти, устранить, и только после этого можно вставлять новый предохранитель.

* * *

Наша беседа подошла к концу. Но «экскурсия» в электротехнику еще не закончена. Впереди — другие электрические явления и приборы, с которыми тебе придется иметь дело.

ТВОЯ МАСТЕРСКАЯ

Надеемся, что наши первые беседы и навыки, приобретенные на уроках труда в школе, помогли тебе сделать первый практический шаг в радиотехнику — построить и испытать детекторный приемник.

Прост был этот аппарат, однако, чтобы его изготовить, тебе пришлось обзавестись кое-какими столярными, слесарными и монтажными инструментами, материалами, деталями. Это твое «хозяйство» будет постепенно пополняться.

В дальнейшем, кроме того, должно определиться твое постоянное место, где бы, не мешая другим и не нанося вреда домашним вещам, можно было с удобствами пилить, строгать, клеить, сверлить, паять, красить — словом, мастерить. Это будет твой рабочий уголок.

Вот о таком уголке, о приемах монтажных работ и некоторых самодельных деталях мы и хотим поговорить в этой беседе.

ВЕРСТАЧНАЯ ДОСКА

Прежде всего советуем сделать верстачную доску, показанную на рис. 88. Ее можно положить на стол или широкую скамейку, и она заменит столярный верстак, а закончив работу, ты можешь снять ее и спрятать. Впрочем, ее можно укрепить на столбиках в чулане или сарайчике, если ты там собираешься оборудовать свою мастерскую.

Подбери сухую, без сучков доску длиной около 1,5 *м*, шириной 250—300 и толщиной 40—50 *мм* и хорошенько обстругай ее, чтобы она стала со всех сторон ровной и гладкой. Чем толще будет доска, тем прочнее и устойчивее получится рабочий верстак. Сырая доска не годится, так как, высыхая, она будет коробиться и трескаться.

Снизу к доске, вдоль ее ребра, прибей деревянный брусок, выпустив его на 15—20 *мм* из-под доски. К правому концу, тоже снизу, прибей отрезок широкой доски, но так, чтобы волокна ее располагались не вдоль, а поперек основной доски. Прибитые снизу брусок и отрезок доски будут удерживать верстачную доску на краю стола.

На левом конце доски укрепи «ласточкин хвост» — упор для строгания брусков и досок. Он представляет собой дощечку длиной

примерно 200, шириной 150 и толщиной 10—12 *мм* с клинообразным вырезом. Укрепляя этот упор, шляпки гвоздей или шурупов утопи поглубже, чтобы не повредить о них металлическую часть рубанка или фуганка.

Рядом с «ласточкиным хвостом» привинти или прибей к верстачной доске еще один упор для строгания ребер досок. Этот упор — брусочек твердой породы дерева, например бука, дуба, клена, спиленный наискось. Между ним и ребром верстачной доски образуется клинообразный промежуток, в который вставляется

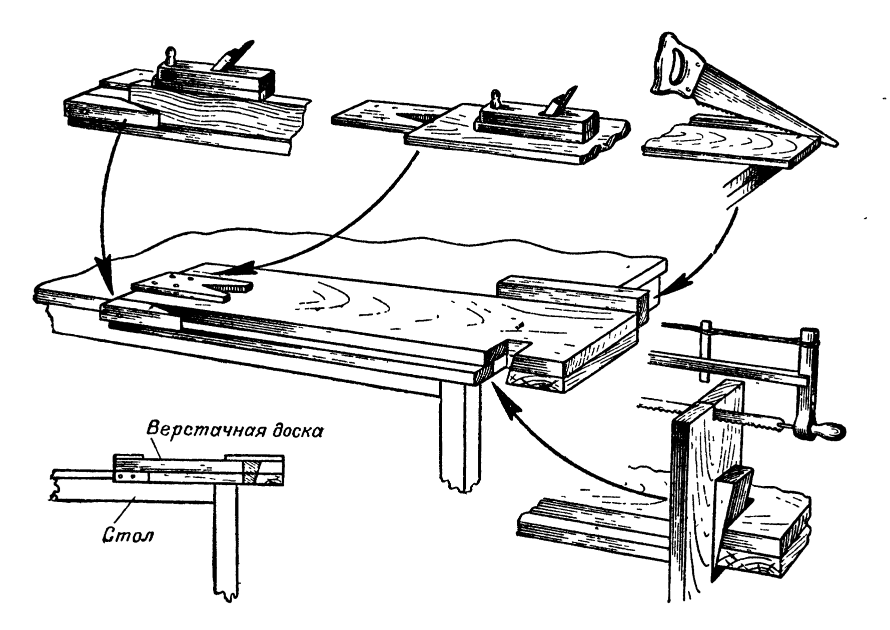


Рис. 88 Верстачная доска.

конец обрабатываемой доски. Снизу доска будет удерживаться краем бруска, выступающим из-под верстачной доски.

На другом конце верстачной доски, отступив от края на 120—150 *мм*, сделай вырез. В нем ты будешь закреплять клином доску, когда потребуется распилить ее вдоль, прострогать ее торец или запилить шипы. В этот вырез можно также зажать две дощечки, когда их надо склеить. Со стороны, противоположной вырезу, прибей отрезок бруска или толстой доски. Это — барьер — упор, к которому ты будешь прижимать брусок, дощечку или фанеру, чтобы отпилить конец, свисающий с верстачной доски.

Верстачную доску ты можешь использовать и для слесарных работ, если на это время будешь привертывать к ней настольные тиски и отрезок углового железа.

РАБОЧИЙ СТОЛ

А для поделки мелких деталей, сборки, монтажа и налаживания твоих конструкций, приборов подойдет любой стол — письменный, кухонный, обеденный. Но чтобы стол не повредить, сделай доску, которую будешь накладывать на него, когда будешь работать. Такая доска, положенная на письменный стол, показана на рис. 89. Для ее изготовления потребуются лист фанеры толщиной 4—6 *мм* и четыре деревянных бруска сечением примерно 15×20 *мм*. Три бруска прибей вдоль переднего и боковых краев фанеры с таким расчетом, чтобы между ними точно вписывалась крышка стола. Этой стороной фанера будет накладываться на стол. Четвертую планку прибей вдоль заднего края фанеры, но с другой, верхней, стороны фанеры. У тебя получится щит, который благодаря трем нижним брускам не будет двигаться по столу. Верхний брусок будет служить бортиком монтажного стола.

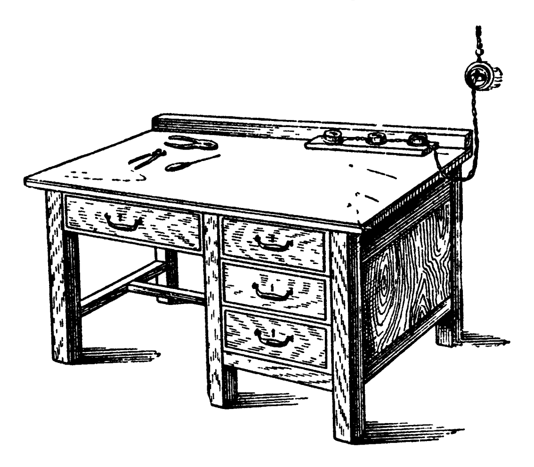


Рис. 89. Монтажный стол.

Если ты будешь заниматься монтажными работами на большом столе, то сделай щиток, который можно было бы положить на угол стола. В этом случае снизу к фанере прибей не три, а два ограничительных бруска, а оставшиеся два бруска прибей с верхней стороны фанеры.

Готовый щит зачисть шкуркой, протрави морилкой или раствором марганцовокислого калия (марганцовкой), покрой лаком или покрась масляной краской. В правом заднем углу монтажного щита укрепи дощечку с тремя штепсельными розетками. Розетки соедини параллельно. При помощи соединительного шнура ты будешь подключать розетки к электросети.

Почему три розетки? Для удобства, когда подойдет пора испытания, налаживания приемника, усилителя или других приборов, питающихся от электросети: одна — для электропаяльника, вторая — для испытываемой конструкции, третья — для настольной лампы, чтобы виднее было. Желательно, чтобы такая электрораспределительная колодка была оборудована плавкими предохранителями на 5—10 *а*, включенными последовательно с розетками.

Если случайно произойдет замыкание в паяльнике или испытываемой конструкции, то перегорят предохранители распределительной колодки, а не квартирной электросети.

НАУЧИСЬ ХОРОШО ПАЯТЬ

О важности хороших, надежных электрических контактов между проводниками и деталями радиосхемы мы уже упоминали. Об этом мы напомним еще не один раз, ибо надежные соединения и прочность монтажа схемы обеспечиваются только при помощи пайки.

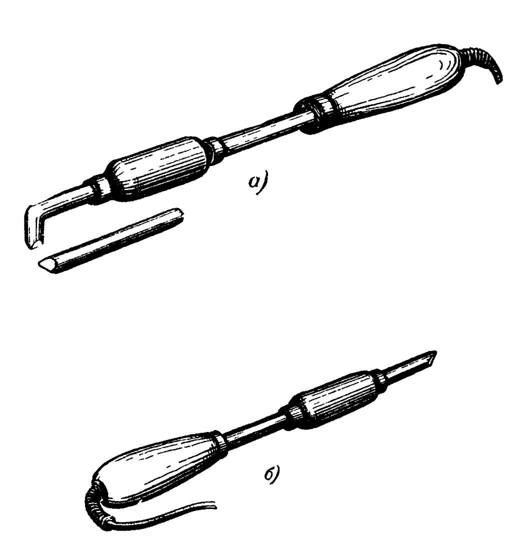


Рис. 90. Электрические паяльники.

Основным инструментом для пайки является паяльник — стержень или кусок красной меди, нагреваемый на огне или электрическим током до температуры плавления припоя. Конец стержня запилен наподобие клина —это рабочая часть, или жало, паяльника.

Радиолюбители пользуются электрическим паяльником (рис. 90). Его стержень вставлен в железную трубку. Трубка обернута слюдой. Поверх слюды намотана нихромовая проволока — это нагревательный элемент паяльника. Сверху проволока защищена слоем асбеста и металлическим кожухом. На другой конец трубки насажена деревянная ручка. При помощи вилки на шнуре, соединенном с проволокой нагревательного элемента, паяльник включают в штепсельную розетку электрической сети. Электрический ток раскаляет проволоку, а проволока отдает тепло медному стержню и нагревает его.

Наша промышленность выпускает несколько типов электрических паяльников, рассчитанных на электрические сети с напряжением 127 и 220 *в*. Значение напряжения, на которое рассчитан паяльник, выштамповано на его металлическом кожухе.

На рис. 90 показаны две наиболее распространенные конструкции электрических паяльников. Один из них (верхний) имеет два сменных стержня: Г-образный и прямой. При работе в трубку нагревательного элемента вставляется тот стержень, которым удобнее

работать. Второй паяльник снабжен одним, более тонким и длинным стержнем по сравнению с первым, который не сменяется. Но основное различие между этими паяльниками заключается не только в их стержнях: первый паяльник более мощный, им можно паять массивные детали и даже ремонтировать небольшие хозяйственно-бытовые вещи; второй паяльник менее мощный и предназначен в основном для радиомонтажа. Первый стоит немного дороже второго.

Желательно, конечно, иметь два паяльника разных мощностей. Но если такой возможности нет, предпочтение надо отдать второму паяльнику.

Для пайки нужны еще припой и флюс.

Припоями называют легкоплавкие металлические сплавы, с помощью которых производят пайку. Иногда для пайки применяют чистое олово. Оловянная палочка имеет светлую серебристо-матовую поверхность и при изгибе или сжатии плоскогубцами издает хрустящий звук. Но чистое олово сравнительно дорого, поэтому применяют его только для залуживания и пайки посуды, предназначенной для приготовления и хранения пищи.

Для радиомонтажа обычно применяют оловянно-свинцовый припой, представляющий собой сплав олова и свинца. С виду он похож на чистое олово, но менее светлый — матовый.

Чем больше в припое свинца, тем он темнее. Однако по прочности спайки оловянно-свинцовый припой не уступает чистому олову. Плавится он при температуре 180—200° С. Удобнее пользоваться кусочком припоя в виде палочки.

Флюсами называют вещества, которые применяются для того, чтобы подготовленные к пайке места деталей или проводников не окислялись во время прогрева их паяльником. Без флюса припой не будет «прилипать» к поверхности металла.

Флюсы бывают разные. В мастерских, например, где ремонтируют металлическую посуду и другой домашний инвентарь, применяют «паяльную кислоту». Это раствор цинка в соляной кислоте. Для монтажа радиоаппаратуры такой флюс совершенно непригоден, так как при прикосновении к нему паяльника он разбрызгивается и осаждается, загрязняет монтаж и со временем разрушает соединения, мелкие детали. Даже небольшая капелька кислоты, попавшая на тонкий обмоточный провод, через короткий промежуток времени переедает его.

Для радиомонтажа пригодны только такие флюсы, в которых совершенно нет кислоты. Одним из таких флюсов является канифоль. Если пайка производится в легко доступных местах, используется канифоль в кусочках. В тех случаях, когда трудно добраться до детали с кусочком канифоли, используют густой раствор канифоли в денатурированном или техническом спирте. Чтобы канифоль хорошо растворялась, ее нужно размельчать в порошок и всыпать в спирт. Так как спирт быстро улетучивается,

такой флюс следует хранить в пузырьке с притертой пробкой, например из-под одеколона. Спиртово-канифольный флюс наносится на спаиваемые места предметов при помощи тонкой палочки или кисточки.

Рекомендуем для паяльника сделать подставку, а припой и канифоль держать в баночке (рис. 91) из алюминия. Эти простые приспособления создадут удобства в работе, а паяльник, припой и канифоль будут при этом содержаться в чистоте.

Умение хорошо паять — своего рода искусство, которое дается не сразу, а в результате некоторой практики. Секрет прочной и красивой пайки заключается в аккуратности и чистоте: если плохо зачищены проводники, загрязнен, плохо нагрет или перегрет паяльник, никогда не будет хорошей пайки.

Недостаточно горячий паяльник превращает припой в кашицу, которой паять нельзя. Признаком достаточного прогрева паяльника

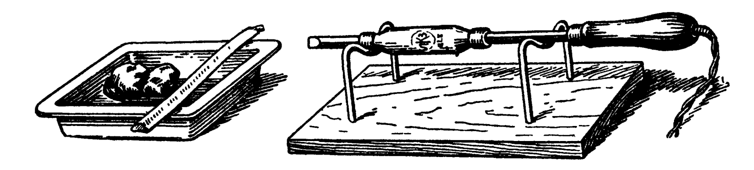


Рис. 91. Подставка для паяльника.

являются вскипание канифоли и обильное выделение дыма при соприкосновении ее с паяльником. Нормально нагретый паяльник хорошо плавит припой и не окисляется.

Рабочий конец паяльника должен быть всегда горячим и хорошо залужен — покрыт тонким слоем припоя. Залуживают паяльник так. Его разогревают, зачищают жало напильником или наждачной бумагой, опускают в канифоль и прикасаются им к кусочку припоя. После этого жало быстро трут о дерево, чтобы вся его поверхность покрылась тонким слоем припоя. Если припой не пристает даже к хорошо прогретому жалу, его нужно еще раз зачистить и вновь залудить. Паяльник можно считать хорошо залуженным тогда, когда жало равномерно покрыто слоем припоя и с его кончика при нагреве свисает капелька припоя.

Рабочий конец любого паяльника со временем «выгорает», на нем образуются углубления — раковины. Придать ему правильную форму можно с помощью напильника. Наиболее правильная и удобная форма рабочей части паяльника показана на рис. 92.

Места проводников или деталей, предназначенные для спайки, должны быть зачищены до блеска и залужены. Пайка без залуживания отнимает больше времени и менее надежна. Залуживание проводников удобнее делать так: зачищенным проводником коснуться канифоли и хорошо прогреть его паяльником (рис. 93).

Канифоль, расплавляясь, покрывает поверхность проводника, и припой, имеющийся на паяльнике, растекается по нему. Поворачивая проводник и медленно передвигая по нему жало паяльника, легко добиться равномерного покрытия поверхности проводника тонким слоем припоя.

Если при пайке будешь использовать жидкий канифольный флюс, то смачивай залуживаемую деталь этим флюсом при помощи палочки или кисточки, а затем прогревай деталь паяльником до тех пор, пока припой не растечется по ее поверхности.

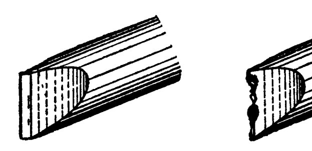


Рис. 92. Рабочий конец паяльника: слева — правильно запиленный, справа — «выгоревший».

Чтобы спаять залуженные проводники или детали, их надо плотно прижать друг к другу и к месту их соприкосновения приложить паяльник с капелькой припоя на жале. Как только место пайки прогреется, припой растечется и заполнит промежуток между деталями. Плавным движением паяльника следует равномерно распределить припой по всему месту спайки, а излишек снять паяльником же. После этого паяльник можно удалить — припой быстро затвердеет и прочно скрепит детали. Очень важно, чтобы спаянные детали после удаления паяльника не сдвигались с места, пока затвердевает припой. Иначе пайка будет непрочной.

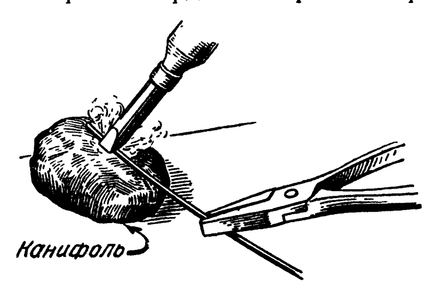


Рис. 93. Залуживание проводника.

Если невозможно залудить поверхности спаиваемых деталей раздельно, их надо плотно прижать друг к другу, смазать место соприкосновения жидким канифольным флюсом (или поднести к нему кусочек канифоли) и прогреть паяльником, предварительно взяв на него припой. Прогревать детали следует до тех пор, пока припой не растечется по всему месту спайки.

Запомни: хорошей пайкой можно считать такую, при которой припой лежит не комком, а обливает место пайки со всех сторон.

Начинающие, еще не имеющие опыта радиолюбители иногда стараются «замазывать» место пайки припоем, а потом удивляются, почему не получается прочного соединения, хотя припоя израсходовано много. Искусство хорошей пайки заключается в том, чтобы сделать пайку при малом расходе припоя. А это достигается при хорошо прогретом и залуженном паяльнике. Только при этих условиях пайка получается прочной, аккуратной и красивой. На монтаж, выполненный таким образом, приятно смотреть самому и его не стыдно показать товарищам.

О НЕКОТОРЫХ ПРИЕМАХ МОНТАЖА

Качество работы приемника, усилителя или другого радиотехнического устройства во многом зависит от рациональности размещения деталей и прочности монтажа их. Основные детали должны располагаться так, чтобы соединительные проводники были по возможности короткими и не пересекались. Монтаж должен быть жестким, чтобы предупредить случайные соединения между деталями и проводниками, которые могут появиться при толчках, от встряхивания. Кроме того, монтаж должен быть компактным, удобным для проверки схемы, замены деталей и, конечно, красивым.

Основой, как бы фундаментом радиотехнических устройств или приборов служат плоские панели или панели в виде ящичков — шасси. Как плоские панели, так и шасси могут быть фанерными, дощатыми, металлическими, пластмассовыми или комбинированными из разных материалов.

Если панель фанерная или дощатая, то надо позаботиться о том, чтобы она была достаточно хорошим изолятором. Она не должна впитывать влагу — отсыревшая панель может быть причиной утечки тока и, следовательно, отказа в работе радиосхемы. Чтобы этого не случилось, фанеру или доски, прежде чем сделать из них панель или шасси, хорошенько высуши, натри со всех сторон расплавленным парафином или воском и покрой 1—2 раза спиртовым или масляным лаком. Обработанные таким способом материалы не будут впитывать влагу, да и внешний вид основания радиоконструкции, сделанного из них, будет более опрятным.

Тонкая фанера удобна для обработки, но сделанные из нее панель или шасси будут непрочными. Лучше всего подойдет хорошо проклеенная березовая фанера толщиной 4—6 *мм*. Строительная фанера хуже, так как она при обработке часто расслаивается, трескается, имеет неровности. Если нет фанеры требуемой толщины, можно склеить два куска более тонкой фанеры. Склеиваемые куски фанеры суши под грузом, иначе они могут покоробиться или вообще не склеиться.

Листовой металл сложнее в обработке, особенно в домашних условиях. Зато панели и шасси, сделанные из него, лучше фанерных. И не только потому, что они аккуратнее и прочнее. Металл служит экраном, устраняющим взаимосвязь между отдельными деталями и цепями через магнитные и электрические поля, что во многих случаях является обязательным техническим требованием, и используется в качестве заземленного проводника, что упрощает монтаж.

Для металлического шасси годится листовая 0,8—1-миллиметровая сталь или листовой алюминий, дюралюминий толщиной 1,5—2 *мм*. Вырезать заготовку и изогнуть шасси или склепать его из полос, просверлить в нем отверстия можно в школьных мастерских, а окончательно обработать шасси можно дома.

Но, используя металлическое шасси, будь очень внимательным при монтаже: все детали, проводники и электрические цепи, которые по схеме не заземляются, должны быть самым тщательным образом изолированы от шасси.

Рассказывая об устройстве приемников, усилителей или других приборов, мы не всегда будем указывать размеры их шасси. Почему? Да потому, что не для каждого случая может подойти один и тот же совет. Поэтому, прежде чем делать заготовку, подбери все необходимые детали, расположи их в том порядке, который указан на монтажной схеме, и уточни размеры будущего шасси. Стремиться к уменьшению шасси не надо — на маленьком шасси монтаж делать труднее.

Сделав шасси, размести на нем детали и наметь места всех необходимых отверстий. Окончательную разметку отверстий делай с помощью линейки и циркуля. Диаметры отверстий должны быть такими, чтобы детали прочно держались в них.

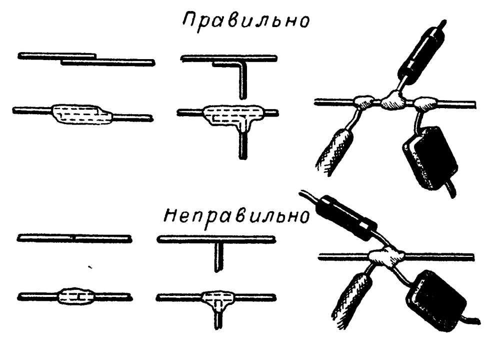


Рис. 94. Способы соединения проводников и деталей пайкой.

На готовом шасси сначала укрепи все крупные детали, потом панельки, зажимы, гнезда, катушки, переключатель. Проверь, достаточно ли прочно крепление, нет ли ненужных соединений деталей или выводов их с шасси. Только после этого приступай к соединению деталей.

Для монтажа используй голый или изолированный, луженый или посеребренный медный провод толщиной 0,8—1,5 *мм*. Такой провод хорошо проводит электрический ток, а монтаж, выполненный им, будет прочным.

Предназначенный для монтажа провод надо выпрямить. Для этого кусок провода длиной 1,5—2 *м* зажми одним концом в тисках или прикрути к какому-либо предмету и сильно потяни за другой конец, захватив его плоскогубцами. Провод немного вытянется и станет прямым. От него ты будешь кусачками откусывать нужной длины соединительные проводнички.

Все соединения тщательно пропаивай. В местах возможных замыканий между проводами с шасси надевай на них кембриковые, резиновые, полихлорвиниловые или другие изоляционные трубки либо обматывай их на этих участках изоляционной лентой.

В магазинах, торгующих радиодеталями, продаются наборы монтажных материалов. В них имеются монтажный провод и изоляционные трубочки. Советуем тебе пользоваться этими наборами.

При монтаже, во время испытания и налаживания аппаратуры приходится спаивать и распаивать проводники, заменять одну деталь другой. Это всегда надо учитывать, применяя в каждом случае наиболее удобные приемы монтажа. Некоторые из них показаны на рис. 94.

В тех случаях, когда нужно срастить два прямолинейных проводника, их концы надо не скручивать, а лишь сложить вместе так, чтобы их поверхности соприкасались на длине не менее 6—8 *мм*, и спаять. Когда же надо соединить проводники под прямым углом, следует конец одного проводника согнуть, прижать к другому проводнику и в таком виде спаять их.

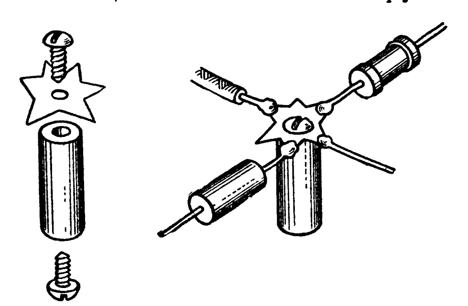


Рис 95. Монтажная стойка

Не рекомендуется спаивать несколько проводников или деталей в одной точке. В этом случае при необходимости удаления одного из проводников или детали неизбежно рассыплется весь узел спайки.

А если условия монтажа диктуют необходимость соединения нескольких деталей в одной точке? В таких случаях надо использовать м о н т а ж н ы е с т о й к и, которые к тому же придадут монтажу жесткость.

Для простейшей монтажной стойки можно использовать, например, огрызок круглого карандаша (рис. 95). Заточенную часть карандаша отпилили, а грифель удали — получится стойка с отверстием, в которое можно ввернуть болтик или шуруп. Одним концом она крепится к панели или шасси. К другому ее концу болтиком или шурупом крепится «звездочка», вырезанная из жести. К этой звездочке и припаиваются проводники и детали радиоконструкции.

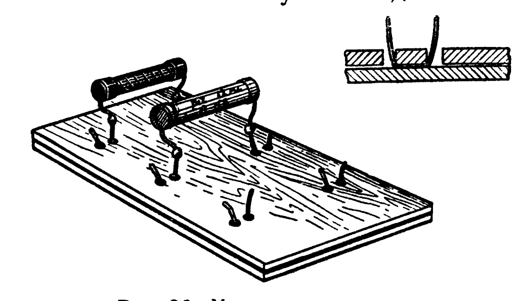


Рис. 96. Монтажная планка.

Чем сложнее радиосхема, тем больше в ней резисторов и конденсаторов. Сплошь и рядом они не могут быть припаяны непосредственно к другим, прочно закрепленным деталям. В таких случаях надо прибегать к м о н т а ж н ы м п л а н к а м — пластинкам из изоляционного материала с контактными лепестками, к которым припаиваются детали, проводники.

Устройство простой монтажной планки ты видишь на рис. 96. Ее основанием служат две пластинки, вырезанные из листового текстолита, гетинакса, органического стекла. В крайнем случае их можно сделать из кусочков плотного картона или фанеры, только их надо предварительно проварить в горячем парафине или пропитать лаком, чтобы они стали хорошими изоляторами.

Контактные лепестки, вырезанные из жести, латуни или сделанные из кусочков медной проволоки толщиной 1,5—2 *мм*, удерживаются в отверстиях, просверленных в верхней пластинке. Пластинки складывают и привинчивают непосредственно к панели или крепят на стойках.

Размеры монтажных планок и число контактных лепестков на них определяются габаритами и числом монтируемых на них деталей.

Не только монтажные стойки и планки, но и другие детали для монтажа придется делать самому, если в твоем пока что небольшом хозяйстве их нет. Например, гнезда и зажимы.

ГНЕЗДА, ЗАЖИМЫ И ИХ ЗАМЕНИТЕЛИ

Если речь идет о простых радиосхемах, например о детекторных приемниках, которые обычно монтируются на фанерных панелях, гнезда для них можно сделать из разных имеющихся под руками вещей и материалов. Так, например, гнездом может служить гильза стреляного патрона малокалиберной винтовки (рис. 97, *а*). Гильзу забивают молотком в отверстие с нижней стороны панели, а выступающие сверху края развальцовывают при помощи кернера или другого конусообразного металлического стержня или толстого гвоздя.

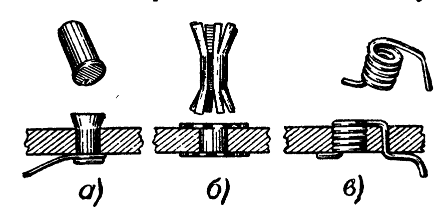


Рис. 97. Самодельные одинарные штепсельные гнезда.

Хорошее гнездо получается из жести (рис. 97, *б*). По краям жестяной пластинки размером 15×15 *мм* сделай ножницами надрезы, сверни пластинку в трубочку диаметром 4 *мм*, вставь ее в отверстие в панели, а выступающие снаружи надрезанные концы отогни в стороны и прижми к панели.

Можно также сделать гнездо из неизолированной медной проволоки толщиной 1—1,5 *мм* (рис. 97, *в*). Кусок проволоки свивают в спираль на гвозде, чтобы получилась трубочка. Сделанные таким способом гнезда должны туго входить в отверстия панели и прочно в них держаться.

Но тебе чаще нужны будут спаренные гнезда на колодочках из изоляционного материала, которые можно крепить как на фанер-

ных, так и на металлических панелях или шасси. Они бывают раз ные. Так, например, готовые спаренные гнезда, изображенные н

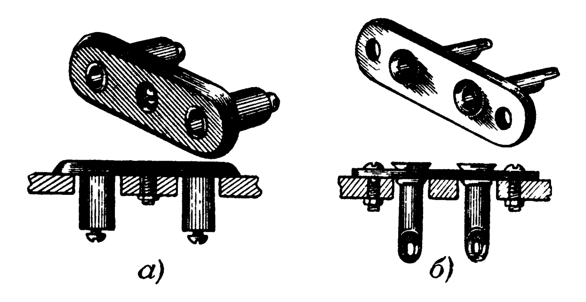


Рис. 98. Штепсельные гнезда заводского изготовления.

рис. 98, *а*, представляют собой цельнолитые гильзы, запрессованные в пластмассу. Между гнездами имеется сквозное отверстие под крепежный болтик или винт. А гнезда, показанные на рис. 98, *б*, сделаны из листового металла и запрессованы в гетинаксовой планочке. При помощи болтиков или шурупов, пропущенных через отверстия в планочке, они монтируются на панели или шасси.

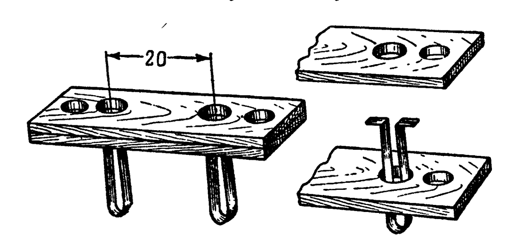


Рис. 99. Самодельные спаренные штепсельные гнезда.

Одна из возможных конструкций самодельных спаренных гнезд показана на рис. 99. Из гетинакса, текстолита, органического стекла или в крайнем случае из тонкой фанеры вырежь две пластинки размером 10×45 *мм*. Просверли в них два отверстия диаметром 4 *мм* для гнезд. Расстояние между центрами этих отверстий должно быть равно точно 20 *мм*. По краям просверли еще два отверстия для крепления будущей колодки к панели. Из жести вырежь две полоски шириной 2,5—3 и длиной около 40 *мм*. Согни их наподобие латинской буквы U, вставь в отверстия одной из пластинок, а сверху наклей вторую пластинку — получится колодочка с двумя штепсельными гнездами.

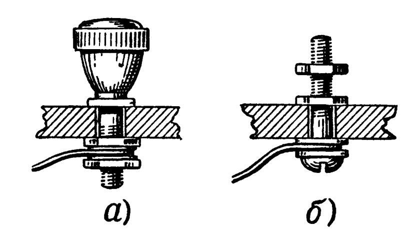


Рис. 100. Зажимы: слева — заводской, справа — самодельный.

Коротко о зажимах. Любой зажим независимо от его конструкции представляет собой шпильку с винтовой нарезкой под гайки и зажимную головку. Значит, роль зажима может выполнять болтик диаметром 3—4 *мм* с гайками, как показано на рис. 100. Впрочем, во многих случаях зажим может быть заменен гнездом.

САМОДЕЛЬНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛИ

В третьей беседе, когда речь шла о детекторном приемнике, мы не успели рассказать тебе о том, как сделать ползунковый переключатель. Делаем это сейчас.

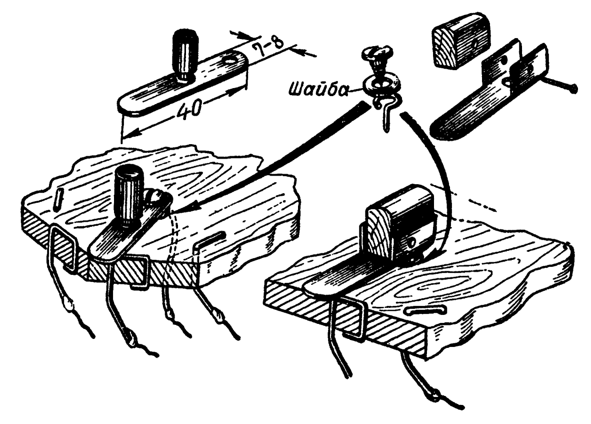


Рис. 101. Самодельные ползунковые переключатели.

На рис. 101 показаны две конструкции самодельных переключателей. Сам ползунок любого из этих переключателей надо изготовить из полоски латуни или меди толщиной 0,5—0,7, шириной 7—8 и длиной около 40 *мм*. Полоску следует отгартовать — отковать слегка молотком, положив ее на напильник, чтобы ползунок лучше пружинил и плотно прижимался к головкам контактов. Края ползунка немного изогни вверх, тогда он будет плавно, без заеданий переходить с контакта на контакт. А чтобы прикосновение руки не влияло на настройку приемника, приделай к ползунку деревянную или пластмассовую ручку. К панели ползунок крепится шурупом, вокруг которого он должен поворачиваться, но не болтаться на нем. Под ползунок подложи металлическую шайбу.

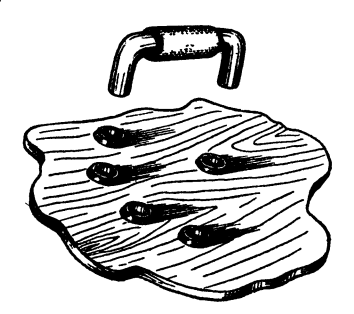


Рис. 102. Переключатель из штепсельных гнезд.

Контакты можно сделать из кусочков голой медной проволоки диаметром 2—3 *мм*, согнутых наподобие буквы П и пропущенных через отверстия в панели, из стреляных гильз малокалиберных патронов или можно использовать для этой цели шурупы с круглой шляпкой. Важно, чтобы выступающая над панелью часть контакта была гладкой и имела надежное соприкосновение с ползунком.

На рис. 102 показана еще одна конструкция переключателя. Это П-образная скобочка, согнутая из толстой медной проволоки. Она вставляется в гнезда, замыкая центральное гнездо с гнездами, расположенными по окружности. Чтобы прикосновение руки не сказывалось на настройке приемника, на среднюю часть скобочки надевается кусочек хлорвиниловой или резиновой трубочки или эта часть обертывается изоляционной лентой.

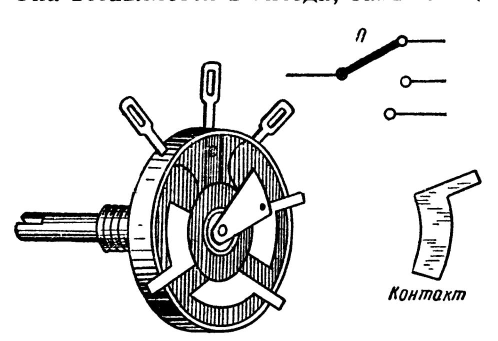


Рис. 103. Переключатель из переменного резистора.

Если в твоем хозяйстве окажется испорченный переменный резистор, из него тоже можно сделать переключатель (рис. 103). Удали с резистора металлический кожух. Затем надфилем и наждачной бумагой счисть полностью токопроводящий слой на дужке резистора. Нужное количество контактов, имеющих форму сегментов с выводными лепестками, вырежь из тонкой листовой меди, латуни или в крайнем случае жести и приклей к дужке клеем БФ-2. Выводные лепестки контактов можно утопить в пропилах, сделанных в корпусе резистора, или отогнуть вверх. Ползунок бывшего резистора теперь будет ползунком переключателя.

Такие или подобные им переключатели можно использовать не только в детекторных, но и в простых ламповых и транзисторных приемниках.

КОНТУРНЫЕ КАТУШКИ

В колебательных контурах радиолюбительских приемников используются чаще всего не готовые, а самодельные катушки самых различных конструкций. С некоторыми из них ты уже знаком по детекторным приемникам. Сейчас же мы расскажем о некоторых других конструкциях катушек применительно к тем приемникам, которые мы будем рекомендовать тебе строить.

Но сначала о проводах и их маркировке.

Для намотки катушек используют медные провода в изоляции из хлопчатобумажных и шелковых ниток, эмали. В зависимости

от материала изоляции марки проводов обозначают сокращенно буквами:

ПЭЛ* — провод в эмалевой изоляции лакостойкий;
ПЭВ — то же, но высокотемпературный (может использоваться при температуре до 125° С);
ПБО — провод в хлопчатобумажной одинарной оплетке;
ПШО — провод в шелковой одинарной оплетке;
ПШД — то же в двойной оплетке;
ПЭЛШО — провод в эмалевой лакостойкой изоляции и шелковой одинарной оплетке.

После букв, характеризующих вид изоляции провода, указывают его диаметр (толщину) в миллиметрах без учета толщины слоя изоляции, например: ПЭЛ 0,12, ПШО 0,5, ПЭЛШО 1,2 и т. д.

Еще один вид провода — литцендрат: ЛЭШО, ЛЭШД. Он состоит из тонких (диаметром 0,08—0,1 *мм*) проводов в эмалевой изоляции, которые скручены жгутом и все вместе имеют одинарную или двойную шелковую оплетку. Таким проводом намотаны катушки многих фабричных приемников.

Практически для контурных катушек самодельных приемников пригоден провод любой марки, лишь бы надежна была его изоляция, но не слишком толстый, иначе катушка получается громоздкой.

Катушки, предназначенные для приема радиовещательных станций средневолнового и длинноволнового диапазонов, наматывают обычно проводом диаметром от 0,18 до 0,5 *мм*, коротковолновые — проводом 0,8—1 *мм*, ультракоротковолновые — проводом до 3 *мм*. Существует правило, которое ты должен запомнить: **чем короче длина радиоволн, на которые рассчитывается катушка, тем более толстым проводом она должна быть намотана.**

Если имеется провод, диаметр которого неизвестен, его можно приближенно определить так: намотай провод виток к витку на карандаш (см. рис. 38), а затем раздели длину намотки на число витков. Точность определения диаметра провода таким способом будет тем выше, чем больше намотано витков.

Если нет провода того диаметра, который рекомендуется, но есть другой близкого к нему диаметра, можно и его использовать. Так, например, вместо провода диаметром 0,18 *мм* можно использовать провод диаметром 0,15 или 0,2 *мм*.

В зависимости от размеров каркасов и диапазона принимаемых радиоволн катушки содержат от нескольких витков до нескольких сотен витков. Чем длиннее принимаемые волны и чем меньше диаметр катушки, тем больше витков она должна содержать.

Для детекторных приемников мы рекомендовали однослойные катушки, намотанные на больших каркасах сравнительно толстым проводом. И это не случайно — в таких катушках меньше потерь

* Раньше его называли ПЭ — провод в эмалевой изоляции.

высокочастотной энергии. А чем меньше этих потерь, тем лучше работает детекторный приемник.

Катушки ламповых и транзисторных приемников чаще всего наматывают на каркасах сравнительно небольших размеров и более тонким, чем катушки детекторных приемников, проводом. При этом провод в длинноволновых и средневолновых катушках укладывают в несколько слоев. Это — многослойные катушки. Они компактнее однослойных. Потери высокочастотной энергии в таких катушках несколько больше, чем в катушках больших размеров, но они компенсируются усилительными свойствами радиоламп или транзисторов.

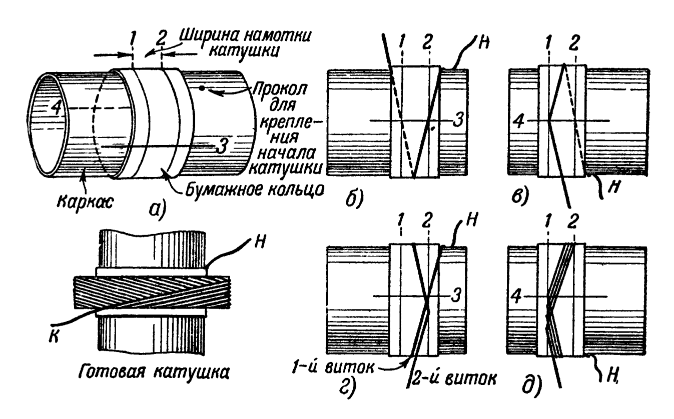


Рис. 104. Намотка катушки типа «Универсаль».

Многослойные катушки контуров фабричных приемников чаще всего наматывают особым способом, носящим наименование «Универсаль». Такие катушки можно наматывать и самому (рис. 104). На каркас, предназначенный для катушки, или болванку наложи в два-три слоя полоску бумаги так, чтобы образовалось бумажное кольцо (рис. 104, *а*). Ширина кольца должна быть немного больше ширины будущей катушки. Чтобы кольцо не разматывалось, конец полоски закрепи каплей клея.

Теперь нужно начертить на кольце две параллельные линии *1* и *2* — границы катушки и две поперечные диаметрально противоположные линии *3* и *4* для правильной укладки и счета первых витков катушки. Укрепив начало катушки в проколе каркаса, переведи провод на кольцо так, чтобы он попал в точку пересечения линий *2* и *3* (рис. 104, *б*). Затем уложи провод плотно на кольцо и веди его наискось к точке пересечения линий *1* и *4* (рис. 104, *в*), а затем к началу витка. Получится один виток. Далее изогни провод так, чтобы он выходил к началу первого витка и прижимал его к кольцу (рис. 104, *г*). Второй виток укладывай параллельно пер-

вому, вновь изгибай провод, но уже с противоположной стороны каркаса, и веди его к началу катушки. Дальнейшая намотка производится в таком же порядке: вращая каркас, укладывай каждый последующий виток параллельно предыдущему косыми переходами (рис. 104, *д*). В местах переходов изгибай провод, прижимая изгибы предыдущих витков к кольцу. При этом надо следить, чтобы изгибы витков не выходили за пределы ограничительных линий *1* и *2*.

Самое трудное при намотке катушки типа «Универсаль» — правильно уложить первый десяток витков. Намотка остальных витков несложна. А чтобы первые витки крепко держались на кольце, поверхность его можно смазать клеем или лаком. Готовую катушку, чтобы она не рассыпалась, следует пропитать лаком или расплавленным парафином.

Бумажное кольцо прокладывают для того, чтобы катушку можно было перемещать по каркасу, а в случае необходимости перенести на другой каркас.

В первый раз самодельная катушка типа «Универсаль» не всегда получается прочной и красивой. Однако если попрактиковаться, то катушки будут получаться не хуже заводских.

У тебя может возникнуть вопрос: зачем выдумали катушки такого сложного устройства? Нельзя ли упростить — наматывать провод, как нитки на шпульки? Можно, но так не делают. Дело в том, что между всеми соседними витками катушки образуются как бы конденсаторы, обкладками которых являются витки провода, а диэлектриками—изоляция провода и воздух. Суммарную емкость этих конденсаторов называют с о б с т в е н н о й емкостью катушки. Эта емкость, складываясь с другими емкостями, входящими в контур, уменьшает диапазон перекрываемых приемником волн, ухудшает качество колебательного контура. Особенно велика внутренняя емкость многослойных катушек, у которых провод намотан, как нитки на шпульке.

Чтобы уменьшить внутреннюю емкость катушки, увеличивают расстояние между соседними витками, располагают их под углом друг к другу. Этим и объясняется применение при намотке катушек сложных способов укладки витков.

Радиолюбители часто применяют в своих приемниках катушки, намотанные на картонные шпульки «внавал», умышленно не укладывая провод ровными рядами. При такой намотке внутренняя емкость катушки относительно невелика.

В качестве примера расскажем, как изготовить катушки подобной конструкции для простого радиоприемника (рис. 105). Каркасом катушек служит охотничья картонная гильза диаметром 18—20 *мм* (14—12-го калибра) или трубка такого же диаметра, склеенная из плотной бумаги или картона. Катушка L_2 — основная, L_1 — подстроечная. Бортики обмотки катушки L_2 — картонные кружки, надетые на каркас и приклеенные к нему. Наружный

диаметр кружков 32—35 *мм*, внутренний — по диаметру каркаса. Расстояние между кружками 4—5 *мм*.

Катушка L_1 намотана на шпульке, которая с небольшим трением может перемещаться по каркасу, но не спадает самопроизвольно. Шпульку для этой катушки сделай так. Оберни каркас полоской плотной бумаги шириной 6—8 *мм*. Поверх полоски насади на каркас картонные кружки, расположив их на расстоянии 2—3 *мм* друг от друга. Не сдвигая кружков, приклей их к бумажному кольцу. Когда клей высохнет, обрежь осторожно выступающие наружу края бумажного кольца — получится шпулька.

Для катушек подойдет провод диаметром 0,2—0,3 *мм* с любой изоляцией. Катушка L_1 должна содержать 40—50 витков, намотанных «внавал», а катушка L_2 — 250—260 витков, намотанных таким же способом, с отводами от 50-го и 150-го витков для грубой настройки. Выводы и отводы выпускай наружу через проколы в картонных бортиках.

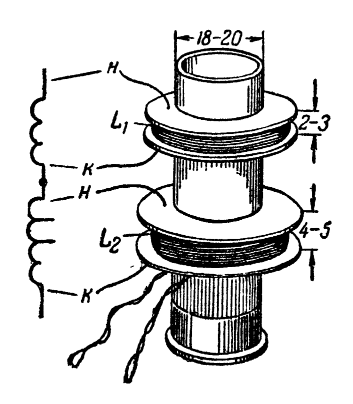
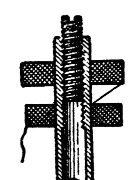


Рис. 105. Катушки для простого радиоприемника.

Если конец катушки L_1 соединить с началом катушки L_2, то получится как бы одна двухсекционная катушка. Индуктивность такой катушки будет зависеть от взаимного расположения катушек. Если витки обеих катушек направлены в одну сторону и катушка L_1 вплотную придвинута к катушке L_2, общая индуктивность будет наибольшей. В этом случае контур будет настроен на наибольшую длину волны. По мере отдаления катушки L_1 от L_2 общая индуктивность станет уменьшаться, а приемник — перестраиваться на более короткую волну. Катушку L_1 можно снять с каркаса, перевернуть и надеть на каркас другой стороной. Теперь витки катушек направлены в разные стороны и если сблизить их, то общая индуктивность будет плавно уменьшаться, а контур — настраиваться на станции, работающие на волнах меньшей длины. Таким образом, эта конструкция представляет собой простейший вариометр — катушку с переменной индуктивностью. Грубая настройка контура, таким образом, осуществляется переключением отводов секции L_2, а точная — изменением расстояния и расположения витков секции L_1 относительно витков секции L_2. Настроив контур на радиостанцию, можно шпульку секции L_1 приклеить к каркасу — получится приемник с фиксированной настройкой на одну радиостанцию.

Катушки подобных конструкций хороши тем, что они просты. Однако предпочтение следует отдавать катушкам с высокочастотными сердечниками. Сердечник позволяет в несколько раз уменьшить число витков в катушке и ее размеры. Сердечник, кроме того,

дает возможность в некоторых пределах изменять индуктивность катушки, что позволяет настраивать контур на нужную частоту, обходясь без конденсатора переменной емкости.



Самые распространенные магнитные высокочастотные сердечники — ферритовые в виде стержней с винтовой нарезкой. Они ввертываются внутрь каркасов, на которых намотаны катушки (рис. 106). Увеличение индуктивности катушки достигается ввертыванием сердечника в глубь каркаса, а уменьшение — вывертыванием его. Катушка, как правило, секционирована, что уменьшает ее внутреннюю емкость.

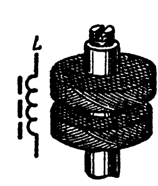


Рис. 106. Катушка с высокочастотным стержневым сердечником.

Одна из возможных конструкций самодельной секционированной катушки со стержневым магнитным высокочастотным сердечником диаметром 9 *мм* показана на рис. 107. Каркас для такой катушки склей из полоски плотной бумаги шириной 40 *мм* на круглой болванке, стеклянной трубке или пробирке диаметром 9,5—10 *мм*. На расстоянии 6—7 *мм* от верхнего края готового и хорошо высушенного каркаса острым ножом прорежь в нем с двух противоположных сторон прямоугольные отверстия. В местах вырезов обмотай каркас в один слой толстой ниткой; ее витки будут выполнять роль нарезки для ввертывания сердечника. Щечки катушки вырежь из гетинакса, текстолита или плотного картона толщиной 0,3—0,5 *мм*. Насади их на каркас и приклей к нему.

Катушку наматывай проводом ПЭЛ 0,2—0,3. Если катушка средневолновая, она должна содержать всего 135 витков (три секции по 45 витков), а длинноволновая — 450 витков (три секции по 150 витков). Сначала между двумя верхними щечками намотай первую секцию, переведи провод на участок между средними щечками и намотай вторую секцию, а потом между нижними щечками намотай третью секцию. Выводы катушки пропускай через проколы в щечках.

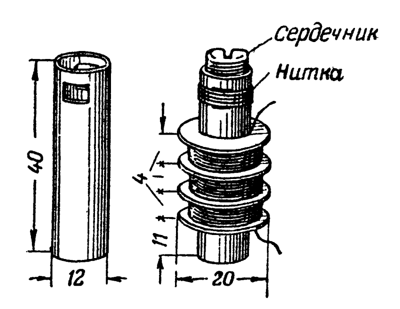


Рис. 107. Самодельная катушка с высокочастотным магнитным сердечником.

Укрепить катушки на шасси приемника можно с помощью фанерного кружка, приклеенного к шасси, на который он плотно насаживается.

Контурные катушки транзисторных приемников имеют свои конструктивные особенности, о которых мы расскажем, когда вплотную подойдем к ним.

САМОДЕЛЬНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Наши советы в этой части беседы — на случай, если потребуется конденсатор небольшой емкости, а у тебя его нет, или если не удалось найти конденсатор переменной емкости для простого приемника.

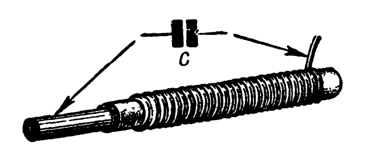


Рис. 108. Самодельный бумажный конденсатор малой емкости.

Конденсатор емкостью до 50 *пф* можно сделать следующим способом. Взять кусок медной проволоки диаметром 1,5—2 и длиной 50—60 *мм*, обернуть его слоем тонкой бумаги, а поверх бумаги намотать в один плотный ряд виток к витку более тонкую проволоку (рис. 108). Одной обкладкой этого конденсатора будет внутренняя проволока, другой — наружная проволока, а диэлектриком — бумага. При длине намотки 1 *см* получается конденсатор емкостью около 10 *пф*. Чем тоньше слой бумаги и длиннее верхняя намотка, тем больше будет емкость конденсатора.

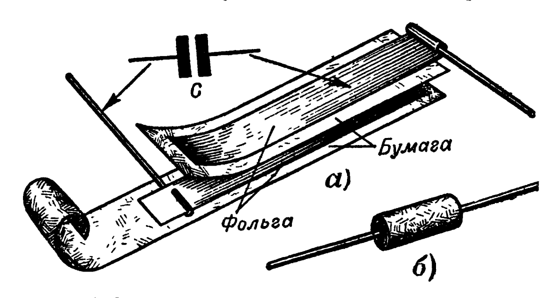


Рис. 109. Самодельный бумажный конденсатор.

Для самодельных конденсаторов емкостью до нескольких сотен пикофарад потребляются алюминиевая или оловянная фольга, тонкая писчая или папиросная бумага, парафин или воск (стеарин не годится). Фольгу можно взять из испорченных бумажных конденсаторов большой емкости или можно использовать алюминиевую фольгу, в которую завертывают шоколад и некоторые сорта конфет. От поврежденных конденсаторов можно также использовать бумагу.

Расправь фольгу и вырежь из нее две полоски — обкладки будущего конденсатора (рис. 109, *а*). Длина и ширина фольговых полосок определяются емкостью конденсатора, который надо сделать (расчет приводим ниже). Вырежь еще две бумажные полоски в 2 раза шире фольговых. Одна из них (на рис. 109, *а* — нижняя) должна быть в 1,5—2 раза длиннее другой. Растопи в баночке парафин, но не доводи его до кипения. При помощи кисточки смажь горячим парафином бумажные полоски и точно посредине наложи на них фольговые полоски. Сложи обе пары полосок. Накрой их бумагой и прогладь теплым утюгом, чтобы полоски лучше и плотнее склеились.

Если у тебя не окажется парафина или воска, полоски можно пропитать медицинским вазелином (только не борным).

Возьми кусочки медной проволоки толщиной 1—1,5 и длиной по 50—60 *мм*. Загни их, а в образовавшиеся петли вложи концы фольговых полосок, предварительно счистив с них парафин, чтобы между ними был надежный электрический контакт. Склеенные полоски закатай в плотный рулончик — конденсатор готов. Для прочности его можно заклеить в полоску картона, а затем пропитать расплавленным парафином или промазать снаружи клеем БФ-2.

Теперь сообщим расчетные данные таких конденсаторов. Две взаимно перекрывающиеся фольговые полоски-обкладки площадью по 1 *см*², разделенные тонкой писчей бумагой, образуют конденсатор емкостью около 20 *пф*. Если взять, например, фольговые полоски шириной 1 и длиной по 10 *см*, то конденсатор будет иметь емкость 200 *пф*. При полосках той же ширины, но длиной по 50 *ом* получится конденсатор емкостью около 1 000 *пф*. Конденсатор такой же емкости можно сделать из фольговых полосок шириной 2 и длиной по 25 *см* или шириной 2,5 и длиной по 20 *см*. Таким образом, чтобы знать емкость будущего конденсатора в пикофарадах, надо площадь взаимно перекрывающихся обкладок, выраженную в сантиметрах, умножить на 20.

При расчете не учитывай концы фольговых полосок, к которым присоединяются проволочные выводы, так как они не перекрываются другими концами полосы.

Сделав конденсатор, проверь, не замкнуты ли между собой его обкладки.

Конденсатор переменной емкости с твердым диэлектриком, который ты можешь сделать в своей мастерской, показан на рис. 110. Его основные детали — щечки, прокладки, подвижные и неподвижные пластины — вычерчены в натуральную величину, что облегчит твою работу.

С помощью копировальной бумаги переведи чертежи щечек, прокладок и пластин на картон, вырежь их, а по получившимся шаблонам будешь изготавливать эти детали.

Подвижные и неподвижные пластины можно вырезать из жести, но лучше из листовой латуни или меди толщиной 0,2—0,3 *мм*. В качестве диэлектрика используй листовой целлулоид, целлофан или в крайнем случае плотную бумагу, пропитанную воском, парафином или лаком. Щечки выпили лобзиком из листового эбонита, гетинакса или органического стекла толщиной 2—3 *мм*, можно и из фанеры, предварительно проваренной в парафине.

Для сборки конденсатора потребуются четыре болтика или шпильки диаметром 2—3 и длиной по 20—25 *мм* с гайками, 12—15 шайбочек. Осью может быть кусочек медной проволоки или гвоздь толщиной 3—4 и длиной 55—60 *мм*. Конец оси, отступив от края на 6—8 *мм*, изогни под прямым углом. Рычаг надо вырезать из полоски меди или латуни толщиной 2—3 *мм*; длина его 43—45, а ширина 5—6 *мм*; расстояние между центрами отверстий 33 *мм*.

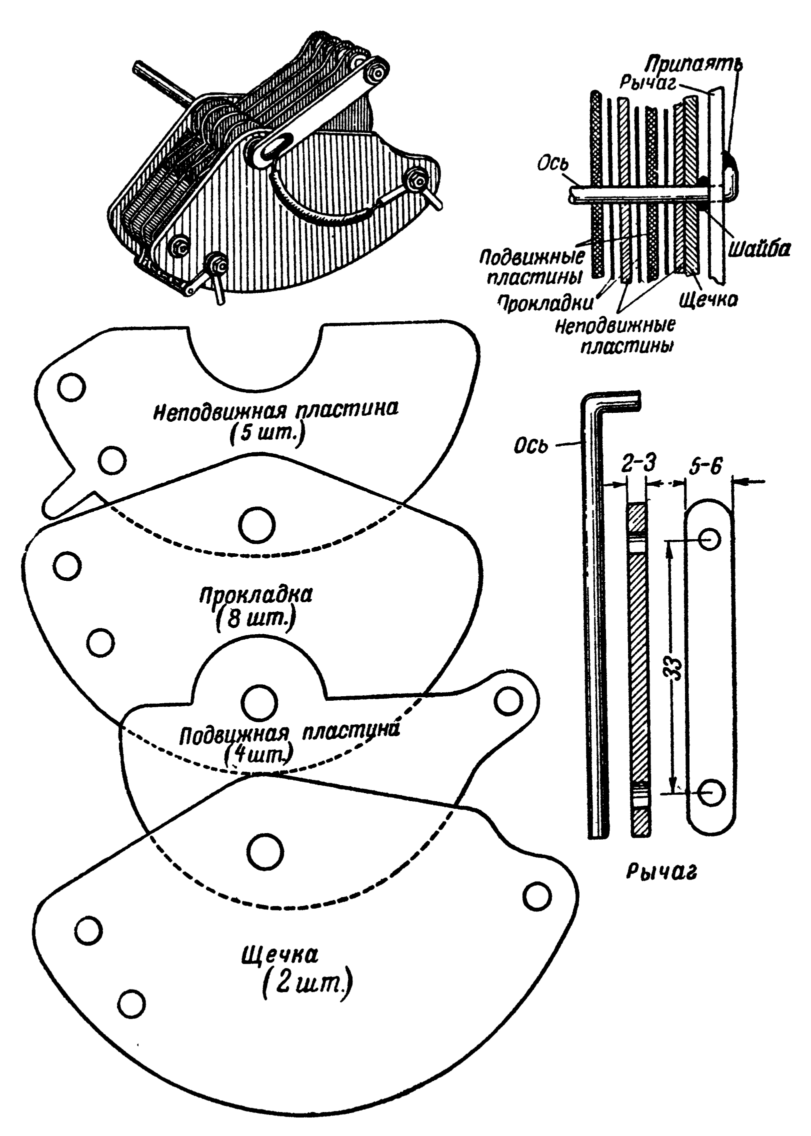


Рис. 110. Самодельный конденсатор переменной емкости с твердым диэлектриком.

Заготовленные пластины должны быть совершенно ровными и не иметь заусенцев по краям. Все неподвижные пластины нужно сложить, зажать в тиски, опилить напильником и зачистить мелкой наждачной бумагой. Точно так же обработай подвижные пластины

и щечки. Просверливать отверстия в пластинах и щечках также следует одновременно, сложив их и зажав в тиски. Крайние отверстия в пластинах и щечках сверли с учетом диаметра имеющихся болтиков, а средние — по диаметру оси. Болтики и ось должны плотно входить в свои отверстия и не болтаться в них.

Сборку конденсатора производи в таком порядке. В отверстие рычага вставь ось и припаяй ее к рычагу. На ось надень шайбочку — она будет уменьшать трение рычага о щечку. Продень ось через отверстие в щечке. В два отверстия, расположенные у выводного хвостика, пропусти болтики, предварительно надев на них по одной шайбочке. Щечку с осью и болтиками положи на стол так, чтобы ось и болтики торчали вверх. На болтики надень неподвижную пластину, поверх нее — изоляционную прокладку, а на ось — подвижную пластину. После этого на болтики надень шайбочки (толщина их должна быть не меньше толщины пластины), а на шайбочки и подвижную пластину — прокладку, затем неподвижную пластину, снова прокладку и на ось — вторую подвижную пластину. Далее на болтики надень шайбочки, наложи прокладку, затем следующую неподвижную пластину, снова прокладку, третью подвижную пластину, шайбочки и т. д. Сборка пластин заканчивается укладкой последней неподвижной пластины и второй щечки. После этого можно скрепить свободные стороны щечки, предварительно надев на болтик втулку или несколько толстых шайбочек.

Между концами подвижных пластин и рычага помести шайбочку или втулочку и скрепи всю подвижную систему болтиком. Общая толщина набора шайбочек должна быть такой, чтобы пластины и рычаг были параллельны и без усилий поворачивались вместе с осью.

Под гайки болтиков, стягивающих корпус конденсатора, помести жестяные лепестки. Они будут служить выводами конденсатора.

Хвостики неподвижных пластин и левый (по рис. 110) выводной лепесток спаяй кусочком медной проволоки. Другой выводной лепесток соедини с рычагом подвижных пластин многожильным проводником.

Когда конденсатор будет полностью собран, окончательно затяни все гайки стягивающих болтиков. При вращении оси подвижные пластины конденсатора должны без заеданий входить между изоляционными прокладками, не задевая неподвижных пластин.

Учти: конденсатор из пяти неподвижных и четырех подвижных пластин, о котором мы сейчас рассказали, имеет наибольшую емкость около 250 *пф*. Добавление каждой пары пластин (подвижной и неподвижной) увеличивает его наибольшую емкость примерно на 30—35 *пф*.

* * *

В этой беседе нам хотелось сказать тебе о многом. Но, к сожалению, обо всем не скажешь. Другие советы будем давать по ходу практической работы.

○

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЛАМПЫ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

Первые электронные лампы, или радиолампы, как их чаще именуют, были очень похожи на их прародительницу — электрическую лампу, изобретенную в 1873 г. нашим соотечественником А. Н. Лодыгиным. У них были прозрачные стеклянные баллоны такой же формы, как у электроламп, нити накала ярко светились.

Современные стеклянные радиолампы внешне мало похожи на своих предшественниц, их нити накала совсем не светятся, а если и светятся, то тускло. Некоторые же конструкции радиоламп утратили последнее сходство с электролампой, так как они почти целиком металлические и больше напоминают водопроводные детали, чем лампы.

В свое время электронная лампа совершила в радиотехнике подлинную революцию. Она коренным образом изменила конструкции передающих и приемных устройств, увеличила дальность действия их, позволила радиотехнике сделать гигантский шаг вперед и занять почетное место буквально во всех областях науки и техники, производства, в нашей повседневной жизни.

Сейчас у электронных ламп есть серьезные соперники — полупроводниковые приборы. Маленькие, а иногда совсем крохотные, экономичные и очень прочные, они все больше и больше завоевывают популярность в радиотехнике и радиолюбительской практике. Но радиолампы, хотя они и уступают во многих случаях свое место полупроводниковым приборам, еще долго будут нашими верными помощниками.

Как же устроены и работают электронные и полупроводниковые приборы?

УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ЛАМПЫ

Любая радиолампа представляет собой стальной, стеклянный или керамический баллон, внутри которого на металлических стойках укреплены ее детали — *электроды*. Воздух в баллоне сильно разрежен, т. е. там почти нет воздуха. Его откачивают через небольшой отросток, имеющийся в нижней или верхней части баллона. Сильное разрежение воздуха внутри баллона, так называемый вакуум, — непременное условие для работы радиолампы.

В каждой радиолампе обязательно есть к а т о д — отрицательный электрод, являющийся источником электронов в лампе, и а н о д — положительный электрод. Катодом может быть вольфрамовый волосок, подобный нити накала электролампочки, или металлический цилиндрик, подогреваемый нитью накала, а анодом — металлическая пластинка, а чаще коробочка, имеющая форму цилиндра или параллелепипеда. Вольфрамовую нить, выполняющую роль катода, называют также н и т ь ю н а к а л а.

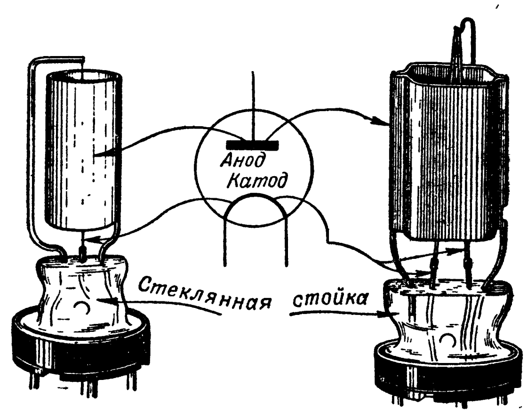


Рис. 111. Внутреннее устройство и обозначение диода на схемах.

На схемах баллон лампы обозначают в виде окружности, катод — дужкой, вписанной в окружность, анод — короткой жирной чертой, расположенной над катодом, а их выводы — тонкими линиями, выходящими за пределы окружности. Радиолампы, содержащие эти два электрода — катод и анод, называют д в у х э л е к т р о д н ы м и или д и о д а м и.

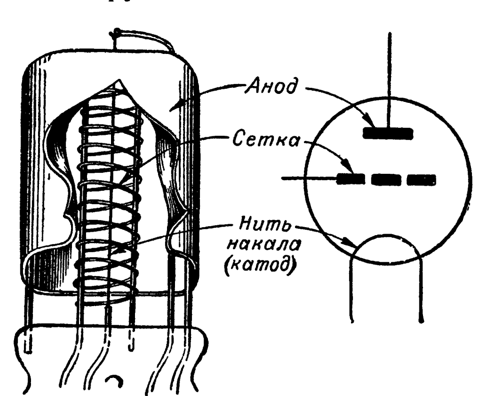


Рис. 112. Устройство и схематическое изображение трехэлектродной лампы.

На рис. 111 показано внутреннее устройство двух диодов разных конструкций. Правая лампа отличается от левой тем, что ее катод — нить накала — напоминает перевернутую латинскую букву V, а анод имеет форму сплюснутого цилиндра. Электроды закреплены на проволочных стойках, впаянных в утолщенное донышко баллона. Стойки являются одновременно выводами электродов. Через специальную колодочку с гнездами — л а м п о в у ю п а н е л ь к у — они соединяются с другими элементами схемы.

В большинстве радиоламп между катодом и анодом имеются спирали из тонкой проволоки, называемые с е т к а м и. Они окружают катод и, не соприкасаясь, расположены на разных расстоя-

ниях от него. Число сеток в лампе может быть от одной до пяти.

По общему числу электродов различают лампы трехэлектродные, четырехэлектродные, пятиэлектродные и т. д. Соответственно лампы называют триодами (с одной сеткой), тетродами (с двумя сетками), пентодами (с тремя сетками).

Внутреннее устройство одной из таких ламп — триода — показано на рис. 112. Эта лампа отличается от диодов только наличием в ней спирали — сетки.

На схемах сетки обозначают жирными пунктирными линиями, расположенными между катодом и анодом.

Триоды, тетроды и пентоды — универсальные радиолампы. Их применяют для усиления переменных и постоянных токов и напряжений, в качестве детекторов и одновременно усилителей, для генерирования электрических колебаний разных частот и многих других целей.

ТЕРМОЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ

Действие радиолампы основано на движении в ней электронов. «Поставщиком» же электронов внутри лампы является катод, нагретый до температуры 800—2000° С.

В чем сущность этого действия?

Если кастрюлю, наполненную водой, поставить на огонь, то по мере нагревания частицы воды начнут двигаться все быстрее и быстрее. Наконец, вода закипит. При этом частицы ее будут двигаться с настолько большими скоростями, что некоторые из них оторвутся от поверхности воды и покинут ее — вода начнет испаряться.

Нечто подобное наблюдается и в электронной лампе. Свободные электроны, содержащиеся в раскаленном металле катода, движутся с огромными скоростями. При этом некоторые из них покидают катод, образуя вокруг него электронное «облако». Это явление испускания, или излучения, катодом электронов называют термоэлектронной эмиссией. Чем сильнее раскален катод, тем больше электронов он испускает, тем «гуще» электронное «облако». Когда говорят, что «лампа потеряла эмиссию», это значит, что с поверхности ее катода свободные электроны по какой-то причине больше вылетать не могут. Лампа с потерянной эмиссией работать не будет.

Однако чтобы электроны могли вырываться из катода, надо не только нагреть его, но и освободить окружающее пространство от воздуха. Если этого не сделать, вылетающие электроны потеряют скорость, «завязнут» в молекулах воздуха. Поэтому-то в электронной лампе и создают вакуум. Откачивать воздух необходимо еще

и потому, что при высокой температуре катод поглощает кислород воздуха, окисляется и быстро разрушается. К этому нужно добавить, что на поверхность катода наносят слой окислов бария, стронция и кальция, обладающий способностью излучать электроны при сравнительно низкой температуре нагрева.

КАК РАБОТАЕТ ДИОД

Самой простой радиолампой — диодом — может стать любая электролампочка, если внутрь ее баллона впаять металлическую пластинку с выводом наружу (рис. 113). Чтобы разогреть ее нить

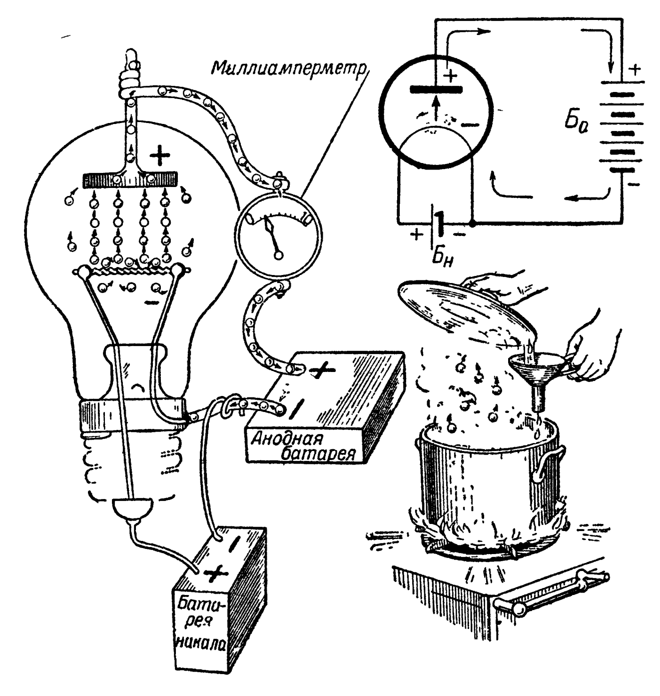


Рис. 113. Если в электрической лампочке накаливания добавить анод, она превращается в простейшую электронную лампу — диод.

накала, подключим к ее выводам батарею накала $Б_н$. Образуется цепь накала. Возьмем еще одну батарею и соединим ее отрицательный полюс с одним из выводов нити накала, а положительный — с анодом. Образуется вторая цепь — анодная, состоящая из участка катод — анод, анодной батареи $Б_а$ и соединительных проводников. Если включить в нее

миллиамперметр, стрелка прибора укажет на наличие тока в этой цепи.

У тебя, естественно, может возникнуть вопрос: почему в этой цепи течет ток? Ведь между катодом и анодом нет электрического соединения.

Подключив анодную батарею, мы тем самым создали на аноде положительный заряд, а на катоде — отрицательный. Между ними возникло электрическое поле, под действием которого отрицательные заряды — электроны, испускаемые катодом, устремляются к положительно заряженному аноду. А катод покидают другие электроны, которые также летят к аноду. Достигнув анода, электроны движутся по соединительным проводникам к положительному полюсу анодной батареи, а избыточные электроны с отрицательного полюса батареи текут к катоду.

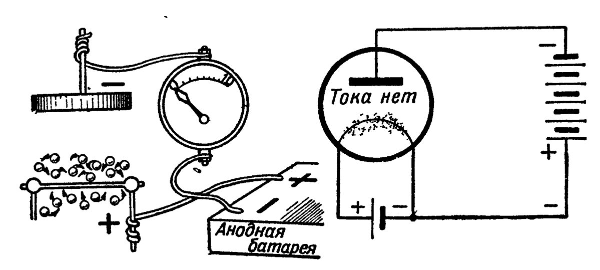


Рис. 114. Когда анод двухэлектродной лампы соединен с отрицательным полюсом батареи, в анодной цепи тока нет.

Образование в анодной цепи диода потока электронов можно сравнить с таким явлением. Если над кипящей водой поместить крышку кастрюли или тарелку, то образовавшийся пар будет на ней охлаждаться и «сгущаться» в капельки воды. С помощью воронки мы можем эту воду вернуть в кастрюлю. Получается как бы замкнутая цепь, по которой движутся частицы воды.

Ток анодной цепи называют а н о д н ы м током, а напряжение между анодом и катодом лампы — а н о д н ы м напряжением.

Наряду с термином «анодное напряжение» применяют также термины «напряжение на аноде», «напряжение анода». Все эти термины равнозначны: говоря «анодное напряжение», «напряжение на аноде» или «напряжение анода», подразумевают напряжение, действующее между анодом и катодом. Если полюсы анодной батареи или иного источника тока присоединены непосредственно к катоду и аноду лампы, то анодное напряжение будет равно напряжению источника тока.

А теперь подумай и ответь: будет ли в анодной цепи диода протекать ток, если положительный полюс анодной батареи соединить с нитью накала, а отрицательный — с анодом, т. е. так, как пока-

зано на рис. 114? Конечно, нет. Ведь анод в этом случае имеет отрицательный заряд. Он будет отталкивать электроны, испускаемые катодом, и никакого тока в этой цепи не будет.

Итак, диод обладает свойством односторонней проводимости тока: он пропускает через себя ток только в одном направлении — от катода к аноду. В обратном направлении, т. е. от анода к катоду, ток идти не может.

Что влияет на величину анодного тока диода? Если катод имеет постоянный накал и излучает беспрерывно одно и то же количество электронов, то величина анодного тока зависит только от анодного напряжения. При небольшом анодном напряжении анода достигнут лишь те электроны, которые в момент вылета из катода обладают наиболее высокими скоростями. Другие, менее «быстрые» электроны останутся возле катода. Чем выше анодное напряжение, тем больше электронов притянет к себе анод, тем значительнее будет анодный ток.

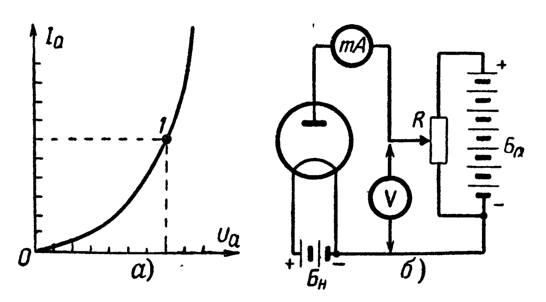


Рис. 115. Зависимость анодного тока от напряжения на аноде можно изобразить графически.

Однако не следует думать, что повышением анодного напряжения можно бесконечно увеличивать анодный ток. Для каждой лампы существует некоторый предельный анодный ток, превышение которого ведет к нарушению свойства катода испускать электроны.

Увеличить эмиссию катода можно повышением его накала. Однако делать этого не следует, так как при увеличении накала продолжительность жизни лампы резко падает, а при чрезмерно большом накале катод быстро теряет эмиссию или совсем разрушается.

Зависимость тока анодной цепи от анодного напряжения можно изобразить в виде графика, как это сделано на рис. 115, *а*. Он носит название вольт-амперной характеристики диода. Здесь по горизонтальной оси координат отложено в масштабе анодное напряжение $U_а$ в вольтах, а по вертикальной оси — величина анодного тока $I_а$ в миллиамперах.

Снять такую характеристику диода можно с помощью схемы, собранной по рис. 115, *б*. Напряжение на анод лампы подается от анодной батареи $Б_а$ через потенциометр *R* и измеряется вольтметром *V*. Миллиамперметром *mA*, включенным в анодную цепь, замеряется ток, возникающий в этой цепи диода.

Точка *0* соответствует крайнему нижнему положению ползунка потенциометра, при котором напряжение на аноде равно нулю.

Анодный ток в это время также равен нулю. Положительное напряжение на аноде плавно увеличивается по мере передвижения ползунка вверх. Одновременно растет анодный ток. Сначала характеристика идет под небольшим углом к горизонтальной оси $U_а$, а потом круто поднимается.

Пользуясь вольт-амперной характеристикой, можно для любого напряжения на аноде определить анодный ток. Для этого надо из точки на оси $U_а$, соответствующей напряжению на аноде, провести линию вверх до пересечения с характеристикой (на рис. 115, *а* — точка *1*), а затем из этой точки провести горизонтальную линию до пересечения с осью $I_а$. Отметка на этой оси укажет величину анодного тока для данного напряжения на аноде.

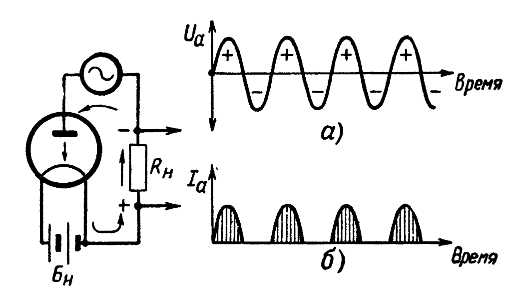


Рис. 116. Диод выпрямляет переменный ток.

А что происходит в анодной цепи диода, когда в ней действует переменное напряжение?

Обратимся к рис. 116. Здесь цепь катода, как и в предыдущих примерах, питается током батареи $Б_н$. На анод лампы подается синусоидальное переменное напряжение, источником которого может быть, например, электроосветительная сеть. В этом случае напряжение на аноде периодически изменяется по величине и знаку (график *а*). А так как диод обладает односторонней проводимостью, ток через него идет только при положительном напряжении на его аноде. Говоря иными словами, диод пропускает положительные полуволны (график *б*) и не пропускает отрицательных полуволн переменного тока. В результате в анодной цепи течет ток одного направления, но пульсирующий с частотой переменного напряжения на аноде. Происходит в ы п р я м л е н и е переменного тока.

Если в анодную цепь включить нагрузочный резистор $R_н$, через него также будет течь выпрямленный диодом ток. При этом на одном конце резистора, соединенном с катодом, будет плюс, а на другом — минус выпрямленного напряжения. Это напряжение, создающееся на резисторе, может быть подано в другую цепь, для питания которой необходим постоянный ток.

Помнишь рассказ о работе детектора в твоем первом радиоприемнике? Детектор тоже выпрямлял переменный ток, благодаря чему работал телефон. А ведь вместо детектора в приемнике можно было бы использовать диод — результат был бы тот же.

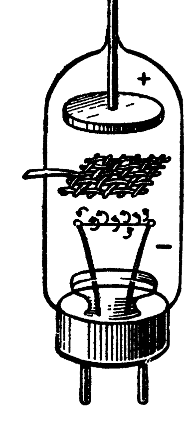
Диоды применяют для детектирования высокочастотных колебаний, но чаще их используют в выпрямителях для питания радиоаппаратуры.

Диоды, предназначенные для работы в выпрямителях, называют кенотронами.

ТРИОД

А теперь воспользуемся нашим самодельным диодом и поместим между его катодом и анодом сетку примерно в том виде, какой она имела несколько десятков лет назад в первых конструкциях радиоламп (рис. 117). Получится триод. Присоединим накальную и анодную батареи. В анодную цепь включим миллиамперметр, чтобы следить за всеми изменениями тока в этой цепи.

Сетку временно соединим проводником с катодом (рис. 117, *а*). В этом случае сетка, имея нулевой



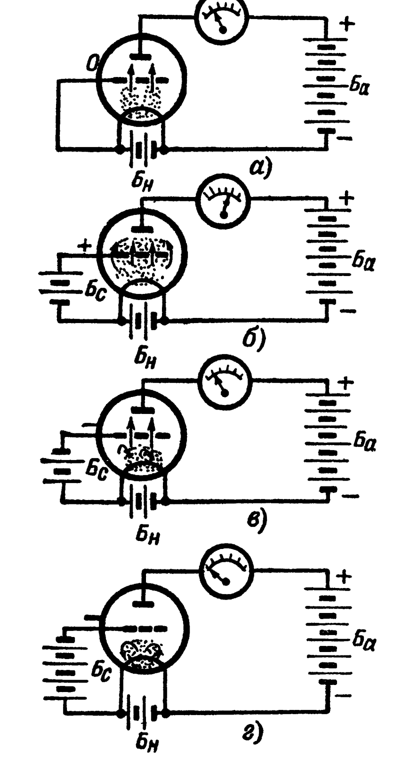


Рис. 117. Действие трехэлектродной лампы

потенциал относительно катода, почти не оказывает влияния на величину анодного тока: анодный ток будет примерно таким же, как в случае с диодом.

Удалим проводник, замыкающий сетку на катод, и включим между ними батарею с небольшим напряжением, но так, чтобы

ее отрицательный полюс был соединен с катодом, а положительный — с сеткой (рис. 117, *б*). Эту батарею назовем сеточной и обозначим $Б_с$. Теперь сетка находится под положительным напряжением относительно катода. Она стала как бы вторым анодом. Образовалась новая цепь — сеточная, состоящая из участка сетка — нить накала, батареи $Б_с$ и соединительных проводников.

Имея положительный заряд, сетка притягивает к себе электроны. Но, набрав скорость, электроны будут перехвачены силой притяжения более высокого, чем на сетке, анодного напряжения. В результате анодный ток станет больше, чем тогда, когда сетка была соединена непосредственно с катодом. Такой же прирост анодного тока можно было бы получить за счет повышения анодного напряжения, но для этого пришлось бы в анодную батарею добавить в несколько раз больше элементов, чем имеет сеточная батарея.

Если добавить к сеточной батарее еще два-три элемента и тем самым увеличить напряжение на сетке, анодный ток еще больше возрастет. Значит, положительное напряжение на сетке помогает аноду притягивать электроны, способствует росту анодного тока. При этом некоторая часть электронов оседает и на сетке. Но они сразу же «стекают» через сеточную батарею на катод. Появляется небольшой сеточный ток — т о к с е т к и.

С повышением положительного напряжения на сетке увеличивается анодный ток лампы, но одновременно растет и ток сетки. Может случиться, что при некотором довольно большом напряжении на сетке ток в ее цепи станет больше анодного. Это объясняется тем, что сетка, находясь ближе к нити накала, притягивает к себе электроны сильнее, чем удаленный анод. В этом случае вылетевшие из нити электроны так разделятся между сеткой и анодом, что бóльшая часть их приходится на долю сетки. Но это явление крайне нежелательно для работы лампы — она может испортиться.

Теперь поменяем местами полюсы батареи $Б_с$, чтобы на сетке было отрицательное напряжение (рис. 117,*в*). Посмотрим на стрелку миллиамперметра. Она покажет значительно меньшую величину анодного тока, чем в предыдущем эксперименте.

Почему анодный ток резко уменьшился? На пути электронов оказался отрицательно заряженный электрод, который препятствует движению их к аноду, отталкивает их обратно к катоду. Часть электронов, обладающих наибольшими скоростями, все же проскочит через отверстия в сетке и достигнет анода, но число их будет во много раз меньше, чем при положительном напряжении на сетке. Этим и объясняется резкое ослабление анодного тока.

По мере увеличения отрицательного заряда на сетке ее отталкивающее действие на электроны будет возрастать, а анодный ток — уменьшаться. А при некотором достаточно большом отрицательном напряжении на сетке она не пропустит к аноду ни одного электрона — анодный ток вообще исчезнет (рис. 117, *г*). В таких слу-

чаях говорят, что отрицательное напряжение на сетке «заперло» лампу.

Зависимость величины анодного тока от напряжения на сетке выражают анодно-сеточной характеристикой. Такая характеристика триода показана на рис. 118. Здесь влево от точки 0 в некотором масштабе отложены отрицательные напряжения на сетке — U_c, вправо — положительные напряжения на сетке $+U_c$, а вверх — значения анодного тока I_a и сеточного тока I_c. Линия *аг* — анодно-сеточная характеристика лампы — напоминает анодную характеристику диода, только она сдвинута влево от вертикальной оси. Получают такой график следующим образом (см. схему на рис. 118). На анод лампы от батареи $Б_a$ подают постоянное положительное напряжение, а между сеткой и катодом включают через

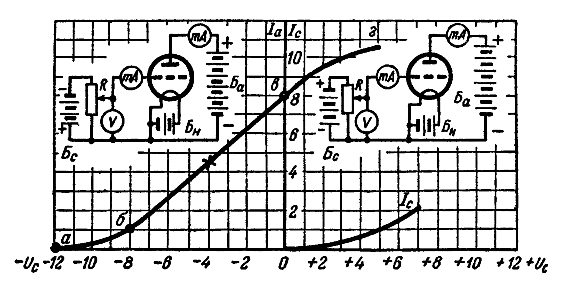


Рис. 118. Анодно-сеточная характеристика триода.

потенциометр R батарею $Б_c$. В сеточную и анодную цепи включают миллиамперметры.

Напряжение, подаваемое на сетку, измеряют вольтметром, включенным параллельно потенциометру. Сначала, соединив положительный полюс батареи $Б_c$ с катодом (левая схема), на сетку подают такое отрицательное напряжение, при котором лампа «запирается» — анодный ток равен нулю. В нашем примере это напряжение равно минус 12 *в* (точка *а*). Затем, перемещая ползунок потенциометра в сторону положительного полюса, напряжение на сетке постепенно доводят до нуля. При этом появляется анодный ток, который постепенно растет до некоторого наибольшего значения — в нашем примере до 8 *ма* (точка *в* на характеристике). В это время тока сетки нет.

Затем полюсы сеточной батареи меняют местами (схема справа) и начинают подавать на сетку все большее и большее, но уже положительное напряжение. От этого анодный ток растет еще больше (участок *вг*). Но одновременно появляется и растет ток сетки (линия, обозначенная I_c, идущая от точки *0* вправо вверх). Наконец, наступит момент, когда кривая тока сетки пойдет круто вверх, а кривая анодного тока — вниз.

Для каждой трехэлектродной лампы, как и для диода, существует некоторая предельная величина анодного тока, зависящая от эмиссии катода. Превышение этого предела может привести лампу в негодность.

Анодно-сеточная характеристика дает представление о том, как изменяется анодный ток лампы при изменениях напряжения на сетке. Глядя на характеристику, приведенную на рис. 118, можно сказать, что при напряжении на сетке минус 8 *в* анодный ток равен 1 *ма*, при напряжении минус 4 *в* 4,5 *ма*, при нулевом напряжении 8 *ма* и т. д. При изменении сеточного напряжения на 8 *в* анодный ток изменится на 7 *ма*. Чтобы получить такое же изменение анодного тока, только изменением анодного напряжения, сохранив на сетке минус 8 *в*, напряжение анодной батареи пришлось бы увеличить намного больше, чем напряжение на сетке.

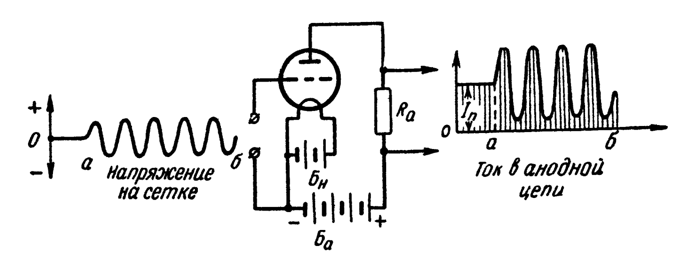


Рис. 119. Триод-усилитель.

Изменение напряжения на сетке оказывает в несколько раз более сильное влияние на величину анодного тока, чем такое же изменение напряжения на аноде лампы. Сетка управляет потоком электронов, летящих от катода к аноду лампы. Поэтому ее называют управляющей сеткой. Это свойство триода и используется для усиления электрических колебаний.

Работу триода как усилителя мы иллюстрируем схемой и графиками, показанными на рис. 119. Здесь к участку сетка — катод лампы, т. е. в цепь сетки, подается переменное напряжение, которое надо усилить. Источником этого напряжения может быть детекторный приемник, микрофон или звукосниматель — прибор, служащий для воспроизведения грамзаписи. В анодную цепь лампы включена анодная нагрузка — резистор $R_а$. Нагрузкой может быть также телефон или громкоговоритель.

Пока в цепи сетки нет переменного напряжения (участок *0а* на графиках), в анодной цепи течет не изменяющийся по величине ток, соответствующий нулевому напряжению на сетке. Это среднее значение анодного тока — ток покоя (если бы в усилителе использовалась лампа с характеристикой, показанной на рис. 118, он был бы равен 8 *ма*).

Но вот в цепи сетки начало действовать переменное напряжение (на графиках — участки *аб*). Теперь сетка периодически заряжается то положительно, то отрицательно, а анодный ток начинает колебаться: при положительном напряжении на сетке он возрастает, при отрицательном — уменьшается. Чем больше изменится напряжение на сетке, тем значительнее амплитуда колебаний анодного тока. При этом на концах анодной нагрузки $R_а$ появляется переменная составляющая напряжения, которая может быть подана в цепь сетки другой такой же лампы и еще раз усилена ею. Если в цепь сетки подавать напряжение низкой частоты, скажем от детекторного приемника, а в анодную включить телефон, то усиленное лампой напряжение заставит телефон звучать во много раз громче, чем при подключении его непосредственно к детекторному приемнику.

Какое усиление может дать лампа? Это зависит от ее конструкции, в частности от густоты и расположения сетки относительно катода. Чем сетка гуще и ближе расположена к катоду, тем сильнее сказывается влияние ее потенциала на электронный поток внутри лампы, тем значительнее колебания анодного тока, тем, следовательно, лампа дает большее усиление. Выпускаемые нашей промышленностью триоды в зависимости от их назначения обладают различными усилительными свойствами. Одни из них могут дать двух-трехкратное усиление, другие позволяют усиливать напряжение в несколько десятков и даже сотни раз.

МНОГОЭЛЕКТРОДНЫЕ ЛАМПЫ

Но триод имеет недостатки, ограничивающие его применение.

Сетка и анод триода являются обкладками своеобразного конденсатора, емкость которого невелика: всего 5—10 *пф*. При усилении низкой частоты эта емкость почти не влияет на работу схемы, но при усилении колебаний высокой частоты, особенно сигналов радиостанций коротковолнового и ультракоротковолнового диапазонов, она вредна: через нее некоторая часть высокочастотной энергии из анодной цепи попадает в цепь сетки. Образуется паразитная обратная связь, нарушающая нормальную работу усилителя: он самовозбуждается, т. е. становится генератором колебаний высокой частоты.

Для борьбы с этим явлением в лампу ввели еще одну сетку, расположив ее между управляющей и анодом. Лампа стала четырехэлектродной — тетродом. Вторая сетка выполняет роль экрана, уменьшающего емкость между управляющей сеткой и анодом. Поэтому ее назвали экранирующей сеткой. На нее, как и на анод, подают постоянное положительное напряжение, но обычно меньшее, чем на анод. Это напряжение называют напряжением экранирующей сетки.

Экранирующая сетка не только уменьшает паразитную емкость между анодом и управляющей сеткой, но и улучшает усилительные свойства лампы. Имея положительное напряжение относительно катода, она, ускоряя полет электронов внутри лампы, увеличивает анодный ток. Некоторая часть электронов попадает и на экранирующую сетку. В ее цепи появляется ток — ток экранирующей сетки. Но он мал по сравнению с анодным током.

Тетроды позволили повысить качество аппаратуры при меньшем числе радиоламп. Однако наряду с этими достоинствами у тетродов более ярко, чем у триодов, стал проявляться весьма существенный недостаток — динатронный эффект.

Что представляет собой этот недостаток? Чем он вреден?

Прежде чем разобраться в этом неприятном для работы лампы явлении, проведи такой опыт. В блюдце, наполненное водой, капни с высоты каплю воды. Что получится? Ударившись о поверхность воды, капля выбьет из нее одну-две капли. Чем с большей высоты будешь пускать каплю, тем больше будет ее энергия полета, тем больше капель выбьет она из воды, находящейся в блюдце.

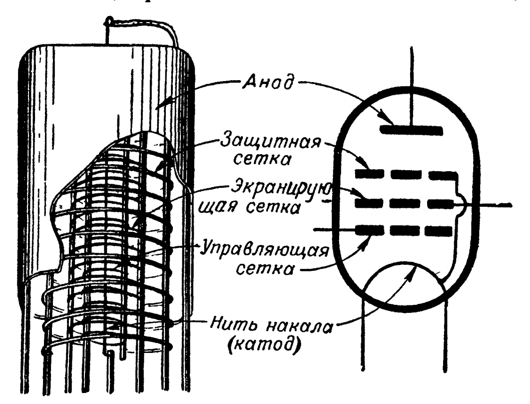


Рис. 120. Устройство и схематическое изображение пентода.

Нечто подобное происходит и в лампе. В ней скорость полета электронов огромна. Они как бы бомбардируют анод. При этом каждый электрон способен выбить из анода по два-три и больше электронов. Эти вторичные электроны устремляются к экранирующей сетке — внутри лампы создается встречный поток электронов, нарушающий процесс усиления. Для борьбы с этим явлением между анодом и экранирующей сеткой ввели третью сетку. Лампа стала пятиэлектродной — пентодом (рис. 120). Эту сетку, названную защитной или противодинатронной, соединяют с катодом внутри лампы или это соединение делают на ламповой панельке. Имея потенциал катода, т. е. отрицательный относительно анода, защитная сетка возвращает вторичные электроны к аноду. Что же касается прямого потока электронов, то защитная сетка почти не оказывает ему препятствия.

По своим усилительным качествам пентод лучше триода и тетрода.

К числу многоэлектродных ламп относятся и так называемые лучевые тетроды (рис. 121). Это тоже пятиэлектродные

лампы, но у них недостатки обычного тетрода устраняются иным путем.

У лампы этого типа витки экранирующей сетки располагаются точно против витков управляющей сетки, благодаря чему электроны летят к аноду не сплошным потоком, а лучами. Отсюда и название тетрода — лучевой. При этом на экранирующую сетку попадает значительно меньше электронов, так как ее витки находятся в тени витков управляющей сетки. Образованию лучей способствуют соединенные с катодом пластины — экраны, ограничивающие боковой поток электронов.

При такой конструкции лампы и точно рассчитанном расстоянии между ее электродами выбитые из анода вторичные электроны, не

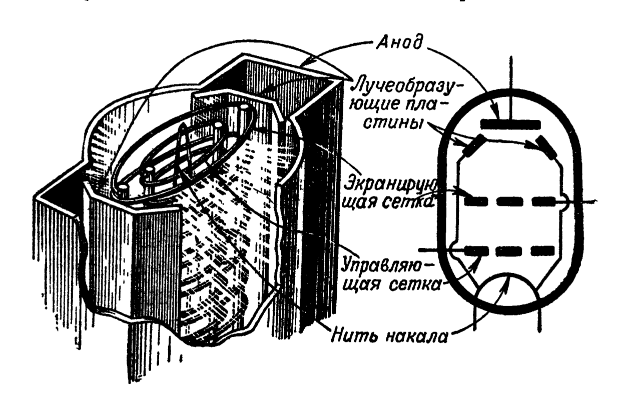


Рис. 121. Лучевой тетрод.

долетев до экранирующей сетки, притягиваются обратно анодом и не нарушают работы лампы.

Лучевые тетроды применяются главным образом в так называемых *выходных каскадах* приемников и усилителей низкой частоты, от которых требуется получать электрические колебания звуковой частоты значительной мощности.

Существует много типов других, более сложных электронных ламп. Есть, например, лампы с четырьмя и пятью сетками, именуемые *гексодами* и *гептодами*. С такими лампами тебе придется иметь дело, когда ты начнешь строить супергетеродинный радиоприемник.

В дальнейшем ты познакомишься с комбинированными лампами, объединяющими в одном баллоне две-три лампы. Это *диод-триоды*, *двойные триоды*, *триод-гептоды* и др. Диод-пентод, например, объединяет в одном баллоне диод и пентод. Диод этой лампы можно использовать в качестве детектора, а пентод — в усилителе. Двойной диод-триод содержит два диода и триод, а сдвоенный триод — два триода.

Приходилось ли тебе видеть в некоторых приемниках светящиеся зеленым цветом «глазки»? Это тоже электронные лампы, облегчающие точную настройку приемника на радиостанцию. Их называют электронно-лучевыми индикаторами настройки. С такими лампами тебе тоже придется иметь дело.

КАТОДЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП И ИХ ПИТАНИЕ

До сих пор мы говорили о радиолампах, в которых катодами были нити накала. Такие лампы называются лампами с катодом прямого накала или батарейными и предназначаются для радиоконструкций с питанием от гальванических элементов или аккумуляторов.

Катоды-нити накала большей части современных батарейных ламп рассчитаны на напряжение 1,2 *в* при токе 0,03—0,06 *а*. Мощность тока, потребляемая одной лампой от батареи накала, составляет 0,036—0,072 *вт*. Нити накала батарейных ламп старых выпусков рассчитывались на напряжение 2 *в* при токе 0,06 *а*. Они менее экономичны, чем современные лампы.

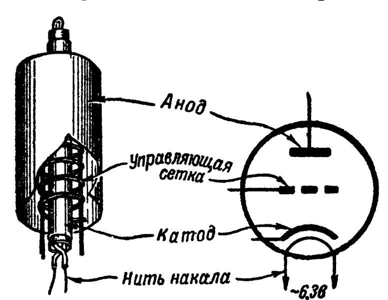


Рис. 122. Устройство и схематическое изображение лампы с подогревным катодом.

Нить накала батарейной лампы — очень тонкий вольфрамовый волосок. Он раскаляется сразу же после включения тока и мгновенно охлаждается при выключении его. Если питать его переменным током, то он в такт с изменениями тока будет накаляться то сильнее (при наибольших значениях тока), то слабее (при наименьших значениях его). В результате эмиссия, а значит, и анодный ток лампы, будет изменяться с удвоенной частотой переменного тока. Вследствие этого в телефоне или громкоговорителе, подключенном к усилителю, будет слышен сильный гул низкого тона, называемый фоном переменного тока. Поэтому нити накала батарейных ламп нельзя питать переменным током.

В лампе, предназначенной для аппаратуры с питанием от сети переменного тока, электроны излучает не нить накала, а подогреваемый ею металлический цилиндрик (рис. 122). На поверхность такого катода нанесен «активный слой», способствующий более активному излучению электронов. Покрытая слоем теплостойкой изоляции, нить накала находится внутри цилиндрика и питается переменным током. Раскаляясь, она разогревает цилиндрик, который и испускает электроны. Следовательно, нить накала такой лампы является как бы электрической печкой, подогревающей катод. Ее на-

зывают подогревателем, а лампы с катодом такого устройства именуют лампами с подогревными катодами или лампами с катодами косвенного накала.

Почему так сложно устроен катод сетевой лампы?

Цилиндрик обладает относительно большой массой, поэтому его температура при изменениях величины тока в подогревателе не изменяется. В результате эмиссия получается равномерной и при работе лампы в усилителе фон переменного тока не слышен.

Нить накала сетевой лампы обозначают на схемах так же, как в батарейной лампе, а цилиндрик-катод — утолщенной дужкой над нитью накала (рис. 122). Катод имеет отдельный вывод.

Нити накала большинства сетевых ламп рассчитаны на напряжение 6,3 *в* при токе 0,15—2 *а*. Оно подается от трансформаторов. Потребляемые подогревателями мощности тока во много раз больше, чем мощности, расходуемые на питание нитей накала батарейных ламп.

Сетевые лампы начинают действовать не мгновенно после включения тока, а только через 15—20 *сек* — после того, как прогреется катод.

Отметим, что в выпрямителях и некоторых усилителях, питаемых от сети переменного тока, иногда все же используют лампы с катодами прямого накала. Но катоды таких ламп делают более толстыми, чем в батарейных лампах. Вследствие этого при периодических изменениях величины накаливающего тока их температура и электронная эмиссия изменяются мало.

МАРКИРОВКА И ЦОКОЛЕВКА РАДИОЛАМП

Наша промышленность выпускает большое количество радиоламп различных типов, применяемых в самых разнообразных радиотехнических устройствах. В особую группу принято объединять радиолампы, используемые в приемниках, усилителях низкой частоты и телевизорах. Ее называют группой приемно-усилительных ламп. Именно с лампами этой группы тебе в основном и придется иметь дело.

Конструкции приемно-усилительных ламп весьма разнообразны. Некоторые из этих ламп показаны на рис. 123. Слева — стеклянная лампа. Ее выводные штырьки впаяны непосредственно в нижнюю, утолщенную часть баллона. Сверху находится запаянный отросток, через который из лампы откачан воздух. Подобные лампы своим видом напоминают пальцы. Потому их и называют пальчиковыми лампами. Средняя — тоже стеклянная лампа, покрытая снаружи металлизированным слоем. Она имеет пластмассовый цоколь с выводными штырьками и один контактный вывод в верхней части баллона. Справа — лампа с металлическим баллоном. В нижнюю часть его вставлен пластмассовый цоколь с выводными штырь-

ками. Соединение электродов со штырьками сделано проводничками, впаянными в толстый стеклянный кружок, закрывающий изнутри нижнюю часть баллона.

Есть так называемые сверхминиатюрные лампы — лампы величиной с огрызок карандаша. Такие лампы применяют, например, в слуховых аппаратах, используемых людьми с плохим слухом.

Металлические баллоны имеют главным образом сетевые триоды и пентоды, предназначенные для усиления колебаний высокой и низкой частот. Значительная же часть сетевых ламп, а также все батарейные лампы имеют стеклянные баллоны.

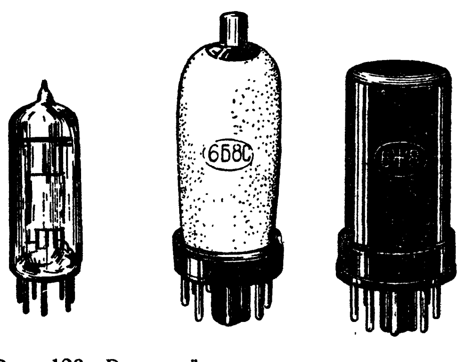


Рис. 123. Внешний вид некоторых радиоламп.

Металлические баллоны или металлизированные слои, нанесенные на стеклянные баллоны, являются экранами — стенками, ограничивающими распространение электрических полей, возникающих внутри ламп, а также защищающими лампы от воздействия на них внешних полей. Они обычно имеют самостоятельные выводы, которые соединяются с заземленным проводником радиоконструкции. Лампы такого устройства постепенно выходят из употребления, уступая место пальчиковым лампам.

Каждой лампе присвоено название, состоящее из цифр и букв, расположенных в определенном порядке, например: 1К1П, 1Б2П, 6Н8С, 6Ж8, 6П1П.

Первая цифра, входящая в наименование лампы, указывает округленно напряжение, на которое рассчитана ее нить накала (напряжение 6,3 *в* округляют до 6, напряжение 1,2 *в* — до 1). Второй знак в наименовании лампы — буква — характеризует число электродов лампы и ее назначение. Буквой Д обозначают диоды. Если диод предназначен для выпрямления переменного тока, в обозначении этой лампы стоит буква Ц. Буквой С обозначают триоды, буквами К и Ж — маломощные пентоды, буквой П — мощные пентоды и лучевые тетроды, буквой Е — электронно-световые индикаторы настройки. Частотно-преобразовательные лампы (с ними мы познакомим тебя позже) обозначают буквой А или И, двойные диоды — буквой Х. Триод, объединенный в одном баллоне с одним или двумя диодами, обозначают буквой Г, пентод с одним или двумя диодами — буквой Б, двойные триоды — буквой Н, триод-пентоды — буквой Ф.

Следующий, третий, знак в наименовании лампы указывает порядковый номер данного типа лампы. Четвертый, последний, знак характеризует баллон лампы. Лампы со стеклянными баллонами относительно больших размеров обозначаются буквой С, пальчиковые лампы — буквой П, а сверхминиатюрные — буквой Б или А. Лампы старых типов с уменьшенным стеклянным баллоном (так называемые малогабаритные) имеют в конце наименования букву М. Отсутствие в наименовании ламп четвертого знака указывает на то, что эта лампа имеет металлический баллон.

Зная условные обозначения, нетрудно расшифровать наименования ламп и их назначение. Вот несколько примеров.

1К1П — батарейная лампа. Ее нить накала (катод) рассчитана на 1,2 *в* (первый знак — цифра 1). Это пентод (второй знак — буква К), модель первая (третий знак — 1), баллон стеклянный пальчикового типа (четвертый знак — буква П).

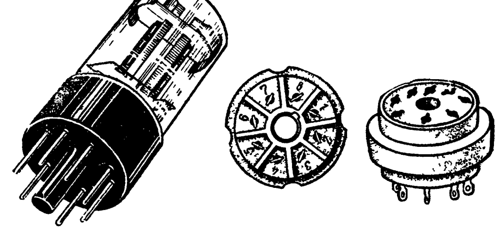


Рис. 124. Лампа с октальным цоколем и ламповая панелька для него.

Лампа 1Б2П: 1,2-вольтовый диод-пентод, вторая модель пальчикового типа.

Лампа 6Н1П: двойной триод с нитью накала на 6,3 *в*, первая модель пальчикового типа.

Лампа 6Ж8: пентод со стальным баллоном (отсутствует четвертый знак), нить накала рассчитана на напряжение 6,3 *в*, восьмая модель.

Лампа 6П1П: мощный сетевой пентод (лучевой тетрод) пальчиковой серии, модель первая.

Таким образом, название лампы дает некоторое представление о том, что она собой представляет и для какой цели пригодна.

Почти все лампы, кроме пальчиковых и сверхминиатюрных, имеют так называемый «октальный» цоколь (рис. 124), на котором по окружности расположены штырьки. В зависимости от числа электродов в лампе штырьков может быть от четырех до восьми. В середине цоколя, между штырьками, имеется направляющий «ключ», исключающий ошибочное включение лампы в панельку. Панельки для таких ламп имеют по восемь гнезд и отверстие для направляющего ключа.

Каждому штырьку на цоколе, находящемуся на определенном месте по отношению к «бородке» ключа, и соответствующему этому штырьку гнезду на ламповой панельке присвоен строго постоянный номер. Нумерация штырьков и гнезд идет от «бородки» направляющего ключа по движению часовой стрелки. При этом на цоколь лампы или ламповую панельку надо смотреть снизу. Некоторые

лампы имеют на верхней части баллона металлический контакт. Это вывод одного из электродов, обычно — управляющей сетки. На него плотно надевается металлический хомутик или колпачок, соединяющийся с деталями схемы гибким проводником.

Пальчиковые лампы цоколей не имеют, это — бесцокольные лампы. У них штырьки — заостренные никелевые проволочки (рис. 125) — впаяны в утолщенные донышки стеклянных баллонов. Независимо от количества электродов пальчиковые лампы имеют по семь или девять штырьков, расположенных по окружности на одинаковом расстоянии один от другого. Только в одном месте между штырьками расстояние вдвое больше, чем между всеми другими, благодаря чему исключается возможность ошибочного включения лампы в панельку.

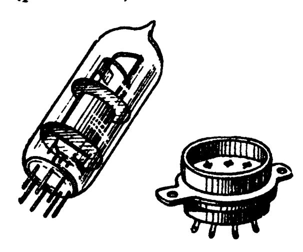


Рис. 125. Пальчиковая лампа и ее панелька.

Панельки для пальчиковых ламп имеют соответственно семь или девять гнезд. Нумерация штырьков ламп и гнезд панелек идет от большого участка между ними в направлении движения часовой стрелки. Имеется в виду, что и в этом случае на лампу и ее панельку смотрят снизу.

Как узнать, с каким штырьком соединен тот или иной электрод лампы?

Во-первых, на принципиальных схемах рядом с выводами электродов обычно ставят цифры, соответствующие номерам их штырьков, чего в дальнейшем будем придерживаться и мы. Во-вторых, это можно узнать по справочным таблицам цоколевки ламп. Таблицу цоколевки наиболее распространенных в радиолюбительской практике ламп мы помещаем в конце книги. Там же имеются более полные сведения, характеризующие эти лампы.

* * *

А теперь, юный друг, поговорим о полупроводниковых приборах. Но сначала...

О ПОЛУПРОВОДНИКАХ И ИХ СВОЙСТВАХ

К группе полупроводников относится гораздо больше веществ, чем к группам проводников и изоляторов, взятым вместе.

Наиболее характерными представителями полупроводников, нашедших практическое применение в технике, являются германий, кремний, селен, закись меди и некоторые другие вещества. Для создания же выпрямительных и усилительных полупроводниковых приборов используют в основном германий и кремний.

Каковы наиболее характерные свойства полупроводников?

Электропроводимость полупроводников сильно зависит от окружающей температуры. При очень низкой температуре, близкой к абсолютному нулю (—273° С), они ведут себя, как изоляторы. Большинство же проводников, наоборот, при таких температурах становится сверхпроводимыми, т. е. почти не оказывает току никакого сопротивления. С повышением температуры проводников их сопротивление электрическому току увеличивается, а сопротивление полупроводников уменьшается.

Проводимость проводников не изменяется при действии на них света. Проводимость же полупроводников под действием света (фотопроводимость) улучшается.

Полупроводники могут преобразовывать энергию света в электрический ток. Проводникам же это свойство совершенно чуждо.

Электропроводность полупроводников резко улучшается при введении в них атомов некоторых других элементов. Проводимость же проводников при введении в них примесей ухудшается.

Эти и некоторые другие свойства полупроводников были известны сравнительно давно, однако широко пользоваться ими стали только сейчас.

Старейшим полупроводниковым прибором, дошедшим до наших дней, является кристаллический детектор. Он использовался еще изобретателем радио А. С. Поповым в одном из его приемников. Этот прибор был вытеснен электронной лампой. Но в последние годы полупроводниковые приборы стали успешно конкурировать с электронными лампами.

В нашей стране большой вклад в разработку полупроводниковых приборов внесли А. Ф. Иоффе, Л. Д. Ландау, Б. И. Давыдов, О. В. Лосев, В. Е. Лашкарев и ряд других ученых, инженеров и научных коллективов.

Чтобы понять сущность явлений, происходящих в полупроводнике, нам придется «заглянуть» в его структуру, разобраться в причинах образования в нем электрического тока. Но перед этим хорошо бы вспомнить, о чем мы говорили тебе в первой беседе, или, может быть, вернуться к той ее части, где говорится о строении атомов.

Германий и кремний, являющиеся исходными материалами современных полупроводниковых приборов, имеют во внешних слоях своих оболочек по четыре валентных электрона. Всего же в атоме германия 32 электрона, а в атоме кремния 14. Но 28 электронов атома германия и 10 электронов атома кремния, находящиеся во внутрених слоях их оболочек, прочно удерживаются ядрами и ни при каких обстоятельствах не отрываются от них. Только четыре валентных электрона атомов этих полупроводников могут, да и то не всегда, стать свободными. Запомни: четыре! Атом полупроводника, потерявший хотя бы один электрон, становится положительным ионом.

Если у тебя есть десятка полтора совершенно одинаковых шариков, ссыпь их в мягкий прозрачный мешочек, чтобы образовалась примерно круглая кучка. Как бы беспорядочно ты их не ссыпал, как бы ни встряхивал, они все равно в кучке располагаются в строгом порядке.

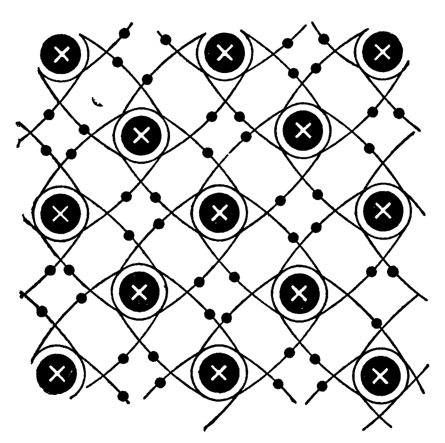


Рис. 126. Плоскостная схема взаимосвязи атомов в кристалле полупроводника.

Атомы полупроводника тоже расположены в строгом порядке: каждый атом окружен четырьмя такими же атомами. Они к тому же расположены настолько близко друг к другу, что их валентные электроны образуют единые орбиты, проходящие вокруг всех соседних атомов, связывая их в единое вещество.

Если взаимосвязь атомов в кристалле полупроводника изобразить в виде плоской схемы, она будет иметь вид, показанный на рис. 126. Здесь большие шарики со знаком «+» изображают ядра атомов с внутренними слоями электронной оболочки (положительные ионы), а маленькие шарики — валентные электроны. Каждый атом, как видишь, окружен четырьмя точно такими же атомами. Любой из атомов связан с каждым соседним атомом двумя валентными электронами, один из которых — «свой», а второй заимствован от «соседа». Это *двухэлектронная* или *валентная* связь. Самая прочная связь!

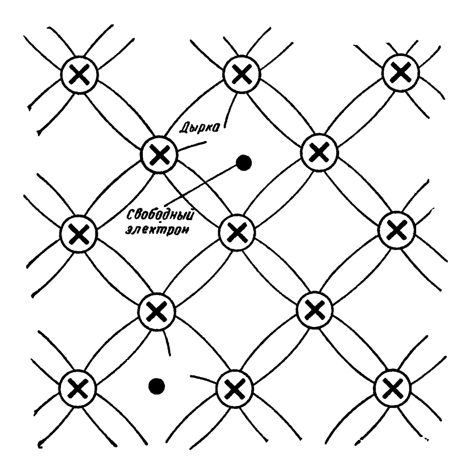


Рис. 127. Упрощенная схема структуры полупроводника.

В свою очередь внешний слой электронной оболочки каждого атома содержит восемь электронов: четыре своих и по одному от четырех соседних атомов. Собственно здесь уже невозможно различить, какой из валентных электронов в атоме свой, а какой чужой, поскольку они сделались общими. При такой связи атомов во всей массе кристалла германия или кремния можно считать, что

кристалл полупроводника представляет собой одну большую молекулу.

Для большей простоты схему взаимосвязи атомов полупроводника можно изобразить так, как это сделано на рис. 127. Здесь ядра атомов с внутренними электронными оболочками нарисованы в виде кружков со знаком плюс, а межатомные связи — двумя линиями-электронами.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКА

При температуре, близкой к абсолютному нулю, полупроводник ведет себя, как диэлектрик, потому что в нем нет свободных электронов. Но при повышении температуры связь валентных электронов с атомными ядрами ослабевает и некоторые из них вследствие

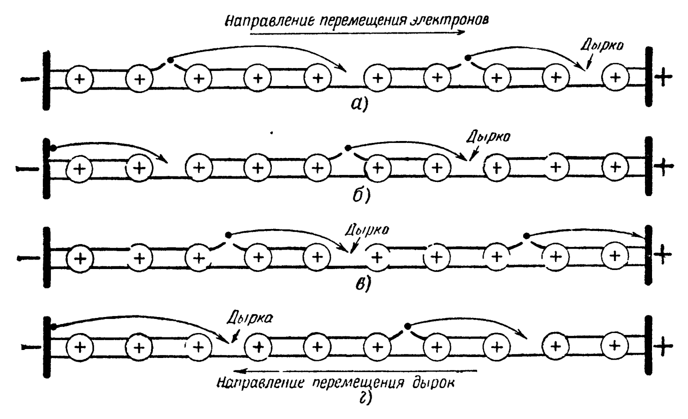


Рис. 128. Движение электронов и дырок в полупроводнике.

теплового движения могут покидать свои атомы. Вырвавшийся из межатомной связи электрон становится свободным (на рис. 127 — черная точка), а там, где он был до этого, образуется пустое место, называемое в полупроводниковой технике «дыркой» (на рис. 127 — разорвавшаяся линия электрона). Чем выше температура полупроводника, тем больше в нем свободных электронов и дырок.

Итак, образование в массе полупроводника дырки связано с уходом из оболочки атома валентного электрона, а возникновение дырки соответствует появлению положительного электрического заряда, равного отрицательному заряду электрона.

Возникновение тока в полупроводнике мы иллюстрируем упрощенными схемами, показанными на рис. 128. Причиной его служит напряжение, приложенное к полупроводнику.

Вследствие тепловых явлений во всей массе полупроводника высвобождается из межатомных связей некоторое количество элек-

тронов (на рис. 128 они обозначены точками со стрелками). Электроны, освободившиеся вблизи положительного полюса источника напряжения, притягиваются этим полюсом и уходят из массы полупроводника, оставляя после себя дырки. Электроны, ушедшие из межатомных связей на некотором удалении от положительного полюса, тоже притягиваются им и движутся в его сторону. Но, встретив на своем пути дырки, электроны как бы «впрыгивают» в них (рис. 128, *а*) — происходит заполнение некоторых межатомных связей. А ближние к отрицательному полюсу дырки заполняются другими электронами, вырвавшимися из атомов, расположенных еще ближе к отрицательному полюсу (рис. 128, *б*). Пока в полупроводнике действует электрическое поле, этот процесс продолжается: нарушаются одни межатомные связи — из них уходят валентные электроны, возникают дырки и заполняются другие межатомные связи — в дырки «впрыгивают» электроны, освободившиеся из каких-то других межатомных связей (рис. 128, *б*, *в* и *г*).

Если ты разобрался в этих схемах, то, вероятно, заметил: электроны движутся в направлении от отрицательного полюса источника напряжения к положительному, а дырки перемещаются от положительного полюса к отрицательному. Это явление можно сравнить с хорошо знакомой тебе картиной. Стоит пионерский строй. Несколько ребят вышло из строя: образовались пустые места — дырки. Вожатый подает команду: «сомкнуть строй!» Ребята по очереди делают шаг вправо, заполняя пустые места. Что получается? Ребята один за другим перемещаются к правому флангу, а пустые места — в сторону левого фланга.

Отметим, что в отсутствие внешних электрических сил при температуре выше абсолютного нуля тоже непрерывно возникают и исчезают свободные электроны и дырки, но в этих условиях они движутся хаотически в разные стороны и не уходят за пределы полупроводника.

В чистом полупроводнике число высвобождающихся в каждый момент времени электронов равно числу образующихся при этом дырок. Общее же их число при комнатной температуре относительно невелико. Поэтому электропроводимость такого полупроводника, называемая с о б с т в е н н о й, также невелика. Иными словами, такой полупроводник оказывает электрическому току довольно большое сопротивление.

Но если в чистый полупроводник добавить даже ничтожное количество примесей в виде атомов других элементов, электропроводимость его резко повысится. При этом в зависимости от структуры атомов примесных элементов проводимость полупроводника будет иметь различный характер: э л е к т р о н н у ю или д ы р о ч н у ю.

Чем различаются эти два типа проводимости?

Если какой-либо атом в кристалле полупроводника заменить атомом сурьмы, имеющим во внешнем слое электронной оболочки

пять валентных электронов, этот атом-«пришелец» четырьмя электронами свяжется с четырьмя соседними атомами полупроводника. Пятый же валентный электрон атома сурьмы окажется «лишним» и станет свободным. Чем больше в полупроводник будет введено атомов сурьмы, тем больше в его массе окажется свободных электронов. Следовательно, полупроводник с примесью сурьмы приближается по своим свойствам к металлу: для того чтобы через него проходил электрической ток, в нем не обязательно должны разрушаться межатомные связи.

Полупроводники, обладающие такими свойствами, называются полупроводниками с электронной проводимостью. Их называют также полупроводниками с проводимостью *n*-типа или, еще короче, полупроводниками *n*-типа. Латинская буква *n* здесь — начало латинского слова negative (негатив), что значит «отрицательный». Этот термин в данном случае нужно понимать в том смысле, что в полупроводнике *n*-типа основными носителями тока являются отрицательные заряды — электроны.

Совсем иная картина получится, если в полупроводник ввести атомы с тремя валентными электронами, например индия. Каждый атом металла индия своими тремя электронами заполняет связи только с тремя соседними атомами полупроводника, а для заполнения связи с четвертым атомом у него не хватает одного электрона. Образуется дырка. Она, конечно, может заполниться каким-либо электроном, вырвавшимся из валентной связи с другими атомами полупроводника. Однако независимо от того, где будут дырки, в массе полупроводника с примесью индия не будет хватать электронов для их заполнения. И чем больше будет введено в полупроводник примесных атомов индия, тем больше в нем будет дырок.

Чтобы в таком полупроводнике могли двигаться электроны, обязательно должны разрушаться валентные связи между атомами. Вырвавшиеся из них электроны или же поступившие в полупроводник электроны извне движутся от дырки к дырке. А во всей массе полупроводника в любой момент времени число дырок будет больше общего числа свободных электронов. Полупроводники, обладающие таким свойством, называются полупроводниками с дырочной проводимостью или полупроводниками *p*-типа. Латинская буква *p* — первая буква латинского слова positive (позитив), что значит «положительный». Этот термин в данном случае нужно понимать в том смысле, что явление электрического тока в массе полупроводника *p*-типа сопровождается непрерывным возникновением и исчезновением положительных зарядов — дырок. Перемещаясь в массе полупроводника, дырки как бы являются носителями тока.

Полупроводники *p*-типа, так же как и полупроводники *n*-типа, обладают во много раз лучшей электропроводимостью по сравнению с чистыми полупроводниками.

Надо сказать, что практически не существует как совершенно чистых полупроводников, так и полупроводников с абсолютной проводимостью *n*-типа или *p*-типа. В полупроводнике с примесью индия может оказаться какое-то небольшое количество атомов некоторых других элементов, создающих электронную проводимость, а в полупроводник с примесью сурьмы могут попасть атомы элементов, создающих дырочную проводимость. При этом в полупроводнике, имеющем в целом проводимость *n*-типа, появятся дырки, которые будут заполняться свободными электронами примесных атомов сурьмы. Вследствие этого электропроводимость полупроводника несколько ухудшится, но в целом он сохранит электронную проводимость. Аналогичное явление будет иметь место, если в полупроводник с дырочным характером электропроводимости попадут атомы индия. Поэтому к полупроводникам *n*-типа относят такие полупроводники, в которых основными носителями тока являются электроны (преобладает электронная проводимость), а к полупроводникам *p*-типа — полупроводники, в которых основными носителями тока являются дырки (преобладает дырочная проводимость).

Теперь, когда ты имеешь некоторое представление о явлениях, происходящих в полупроводниках, тебе нетрудно будет понять принцип действия приборов, основанных на этих явлениях.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ДИОДЫ

Различают два вида полупроводниковых диодов: плоскостные и точечные.

Основой плоскостного диода является тонкая пластинка кристалла германия или кремния, одна часть объема которой обладает проводимостью *p*-типа, а другая — проводимостью *n*-типа. Небольшой кусочек такой пластинки полупроводника, увеличенный до огромных размеров, схематически изображен на рис. 129, *а*. На нем дырки, преобладающие в области *p*-типа, условно обозначены кружками, а электроны, преобладающие в области *n*-типа, — черными точками такого же размера. Эти области — два электрода диода. На поверхности пластинки нанесены контактные металлические слои.

Если к контактным слоям подключить батарею так, чтобы ее положительный полюс был соединен с областью *p*-типа, а отрицательный — с областью *n*-типа (рис. 129, *б*), то через диод пойдет ток, величина которого зависит от площади прибора и приложенного к нему напряжения. При такой полярности подключения батареи электроны в области *n*-типа перемещаются от минуса к плюсу, т. е. в сторону области *p*-типа, а дырки в области *p*-типа движутся навстречу электронам — от плюса к минусу. Встречаясь на границе областей, называемой электронно-дырочным пере-

ходом, *p-n*-переходом или запорным слоем, электроны «впрыгивают» в дырки, т. е. и те, и другие при встрече прекращают свое существование. Контакт, соединенный с отрицательным полюсом батареи, может отдать области *n*-типа практически неограниченное количество электронов, пополняя убыль электронов в этой области, а контакт, соединенный с положительным полюсом батареи, может принять из области *p*-типа такое же количество электронов, что равнозначно введению в него соответствующего количества дырок. В этом случае сопротивление *p-n*-перехода мало, вследствие чего через диод идет ток, называемый прямым током. Чем больше площадь *p-n*-перехода и напряжение батареи, тем больше этот прямой ток.

Если полюсы батареи поменять местами, как это сделано на рис. 129, *в*, то электрические заряды в диоде поведут себя иначе, чем в предыдущем случае. Теперь, удаляясь от *p-n*-перехода, свободные

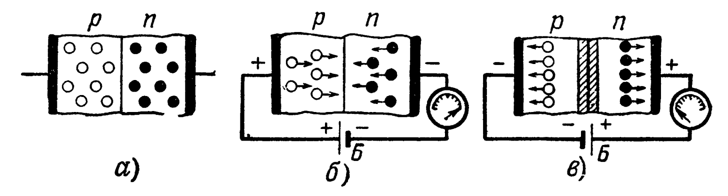


Рис. 129. Принцип работы полупроводникового диода.

электроны в области *n*-типа будут перемещаться к положительному, а дырки в области *p*-типа — к отрицательному контактам диода. В результате граница областей с различными типами проводимости как бы расширится, образуя зону, обедненную электронами и дырками (на рис. 129, *в* она заштрихована) и, следовательно, оказывающую току очень большое сопротивление. Однако в этой зоне небольшой обмен носителями тока между областями полупроводника все же будет происходить. Поэтому через диод пойдет ток, но во много раз меньший, чем прямой. Этот ток называют обратным током диода.

А если диод включить в цепь с переменным током? Он будет свободно пропускать ток одного направления — прямой и почти не пропускать ток противоположного направления — обратный. Эти свойства диодов и используют в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный ток.

Напряжение, при котором через диод идет прямой ток, называют прямым или пропускным напряжением, а напряжение обратной полярности, при котором через диод идет обратный ток, называют обратным или непропускным напряжением. При прямом напряжении сопротивление хорошего диода не превышает нескольких десятков ом, при обратном же напряжении его сопротивление достигает десятков и сотен килоом.

Зависимость величины тока через диод от значения и полярности приложенного к нему напряжения изображают в виде кривой, именуемой **вольт-амперной характеристикой диода**. Такая характеристика показана на рис. 130. Здесь по вертикальной оси вверх отложены значения тока через диод в прямом направлении $I_{пр}$, а вниз — значения тока обратного направления $I_{обр}$. По горизонтальной оси вправо обозначены величины прямого напряжения, влево — обратного напряжения.

Кривая, идущая от пересечения осей (точка *0*) вправо вверх, должна напоминать тебе вольт-амперную характеристику двухэлектродной лампы (см. рис. 115). Только здесь она идет круче, так как прямой ток полупроводникового диода появляется при значительно меньших напряжениях. Уже при напряжении 0,5 *в* он достигает 2 *ма*, при напряжении 1 *в* — 8 *ма* и т. д. Быстрый рост прямого тока при небольших увеличениях прямого напряжения — преимущество полупроводниковых диодов перед ламповыми диодами. Левая часть кривой характеризует зависимость обратного тока через диод от приложенного к нему обратного напряжения. Она, как видишь, идет почти параллельно горизонтальной оси. Обратный ток растет очень медленно. Даже при напряжении минус 100 *в* он не превышает 0,5 *ма*. Затем с повышением обратного напряжения кривая поворачивает вниз, характеризуя рост обратного тока через диод. Наличие обратного тока — недостаток полупроводниковых диодов.

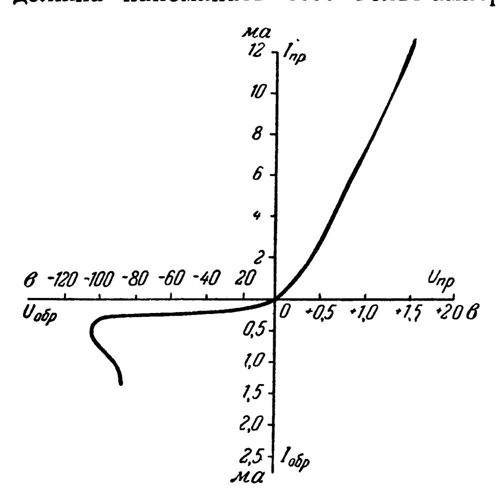


Рис. 130. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.

Примерно такие характеристики имеют все полупроводниковые диоды.

Для любого диода существуют некоторые предельно допустимые значения прямого и обратного токов, зависящие от прямого и обратного напряжений и определяющие его выпрямительные свойства и прочность. Эти основные параметры диодов указываются в их паспортах и справочных таблицах. Превышение этих пределов приводит к порче диодов.

Технология изготовления плоскостных диодов такова. На поверхности квадратной пластинки площадью 2—4 $мм^2$ и толщиной в несколько долей миллиметра, вырезанной из кристалла полупро-

водника с электронной проводимостью, расплавляют маленький кусочек индия. Индий крепко сплавляется с пластинкой. При этом атомы индия проникают (диффундируют) в толщу пластинки, образуя в ней область с преобладанием дырочной проводимости (рис. 131, *а*). Получается полупроводниковый прибор с двумя областями различного типа проводимости, а между ними *p-n*-переход. Чем тоньше пластинка полупроводника, тем меньше сопротивление диода в прямом направлении, тем больше выпрямленный диодом ток. Контактами диода служат капелька индия и металлический диск (или стержень) с выводными проводниками. Так устроены наиболее распространенные плоскостные германиевые и кремниевые диоды.

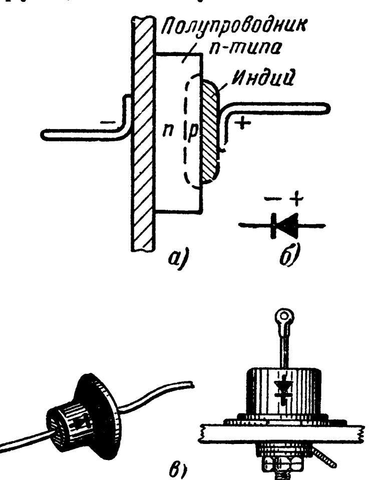


Рис. 131. Схематическое устройство (*а*), обозначение (*б*) и внешний вид (*в*) некоторых плоскостных диодов.

Плоскостные диоды маркируются буквами и цифрами, например: Д7А, Д202, Д302. Буква Д в маркировке приборов означает «диод», цифры, следующие за нею, — заводские порядковые номера конструкции. Буквы А—Ж, стоящие в конце обозначения диодов, указывают на разновидности групп приборов.

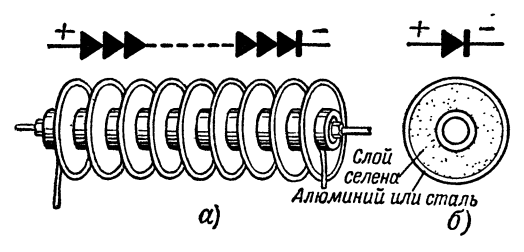


Рис. 132. Селеновый выпрямитель

а — столбик; *б* — шайба.

Внешний вид некоторых плоскостных диодов показан на рис. 131, *в*. Они заключены в цельнометаллические корпуса, что повышает их механическую прочность и позволяет использовать их для работы в условиях повышенной влажности. Многие плоскостные диоды, рассчитанные на выпрямление значительных токов, имеют винты с гайками для крепления их на шасси.

Основные параметры наиболее распространенных германиевых и кремниевых плоскостных диодов даны в приложении 2.

К числу плоскостных проводниковых диодов относятся также с е л е н о в ы е выпрямители (рис. 132). Основой такого диода служит алюминиевая или стальная шайба, покрытая с одной стороны слоем селена, являющегося полупроводником с дырочной

проводимостью. Поверхность селена покрыта тонким слоем сплава, в состав которого входит кадмий. В результате химического соединения селена с кадмием образуется прослойка селенида кадмия, обладающая электронной проводимостью. Получается электронно-дырочный переход, выпрямляющий переменный ток. Чем больше площадь этого перехода, тем больший выпрямленный ток можно получить от такого диода.

Одна селеновая шайба может выпрямлять переменный ток напряжением до 10—12 *в*. Чтобы выпрямить токи больших напряжений, шайбы нанизывают на стальной изолированный стержень и стягивают гайками. Получается столбик, составленный из последовательно соединенных селеновых диодов.

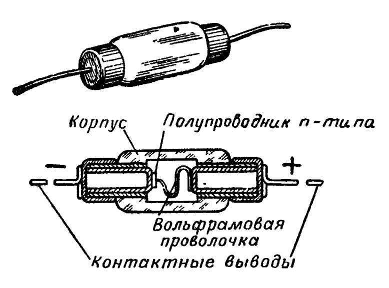


Рис. 133. Германиевый точечный диод типа Д2.

Теперь о точечном диоде.

В четвертой беседе, когда речь шла о детектировании, мы лишь сказали, что точечный диод обладает односторонней проводимостью тока, не раскрыв сущности его работы. Сделаем это сейчас.

Выпрямительным элементом точечного диода служит крохотная пластинка германия или кремния, обычно с электронной проводимостью, с которой соприкасается острие тонкой вольфрамовой проволочки (на рис. 133 для примера показано устройство увеличенного в несколько раз диода Д2). После сборки диод ф о р м у ю т — пропускают через контакт между пластинкой и проволочкой ток определенной величины. В это время под острием проволочки в кристалле полупроводника образуется небольшая область с дырочной проводимостью. Получается электронно-дырочный переход, обладающий односторонней проводимостью тока.

У точечного диода площадь соприкосновения острия проволочки с поверхностью кристалла чрезвычайно мала — не более 50 квадратных микрон. Поэтому токи, которые точечные диоды могут выпрямлять в течение продолжительного времени, не превышают обычно 10—15 *ма*. В связи с этим точечные диоды пригодны в основном для детектирования модулированных колебаний высокой частоты и для измерительных приборов.

ТРАНЗИСТОРЫ

Полупроводниковые триоды чаще называют транзисторами. Они, как и диоды, могут быть плоскостными или точечными.

Поскольку точечные транзисторы сейчас не выпускаются, мы расскажем лишь о плоскостных транзисторах.

Транзистор можно представить себе как пластинку полупроводника с тремя, как в слоеном пироге, чередующимися областями разной проводимости (рис. 134), образующими два *p-n*-перехода. У каждой области свой контактный вывод. Две крайние области обладают проводимостью одного типа, средняя — проводимостью другого типа. Если в крайних областях преобладает дырочная проводимость, а в средней — электронная (рис. 134, *а*), то такой прибор называют транзистором *p-n-p*-типа. У транзистора *n-p-n*-типа, наоборот, по краям расположены области с электронной проводимостью, а между ними — область с дырочной проводимостью (рис. 134, *б*).

Прикрой листком бумаги любую из крайних областей транзисторов, изображенных на рис. 134. Что получилось? Оставшиеся две области есть не что иное, как диод. Если прикрыть другую крайнюю область, тоже получится диод. Значит, транзистор представляет собой два диода с общей областью, включенные навстречу друг другу. Общую (среднюю) область транзистора называют б а з о й. Позже ты увидишь, что ее функция очень схожа с функцией управляющей сетки радиолампы.

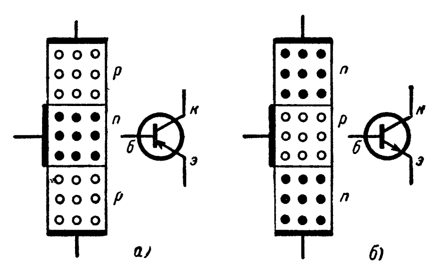


Рис. 134. Расположение областей с различной электропроводимостью в полупроводниковых плоскостных триодах и обозначение триодов на схемах.

а — триод *p-n-p*-типа; *б* — триод *n-p-n*-типа.

Во время работы транзистора одна из его крайних областей (на рис. 134 — нижние) выполняет роль, аналогичную роли катода радиолампы: она э м и т т и р у е т, вводит в базу носители тока — дырки (в триоде *p-n-p*-типа) или электроны (в триоде *n-p-n*-типа), поэтому ее называют э м и т т е р о м. Другая крайняя область подобна аноду радиолампы: она собирает носители тока, вводимые эмиттером в базу. Ее называют к о л л е к т о р о м (слово «коллектор» означает «собиратель»).

На схемах базу (*б*) обозначают короткой жирной чертой, эмиттер (*э*) — тонкой линией со стрелкой, коллектор (*к*) — такой же линией без стрелки. Различие в обозначениях транзисторов разных типов заключается лишь в направлении стрелки эмиттера: в транзисторах *p-n-p*-типа она обращена в сторону базы, а в транзисторах *n-p-n*-типа — от базы.

Электронно-дырочные переходы в транзисторах могут быть получены так же, как в плоскостных диодах. Так, например, чтобы изготовить транзистор *p-n-p*-типа, берут тонкую пластину германия с электронной проводимостью и наплавляют на ее поверхности кусочки индия (рис. 135). Атомы индия проникают в тело пластинки, образуя в ней две области *p*-типа — эмиттер и коллектор, а между

ними остается тонкая (несколько микрон) прослойка полупроводника *n*-типа — база.

Устройство и внешний вид одной из конструкций транзисторов показаны на рис. 136. Прибор собран на металлическом диске диаметром менее 10 *мм*. Сверху к этому диску приварен кристаллодержатель, являющийся внутренним выводом базы, а снизу — ее наружный проволочный вывод. Внутренние выводы коллектора и эмиттера приварены к проволочкам, которые впаяны в стеклянные изоляторы и служат внешними выводами этих электродов. Цельнометаллический колпак, напоминающий по форме шляпу, защищает прибор от механических повреждений и влияния света.

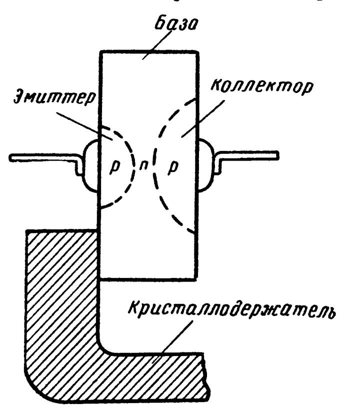


Рис. 135. Схематическое устройство транзистора *p-n-p*-типа.

Так устроены наиболее распространенные низкочастотные германиевые транзисторы П13, П14, П15, П16 и их разновидности. Буква П в обозначении —первоначальная буква слова «плоскостной», а цифры — порядковые заводские номера приборов. В конце обозначения могут быть бувы А, Б, В (например, П13А), указывающие разновидность транзистора данной группы.

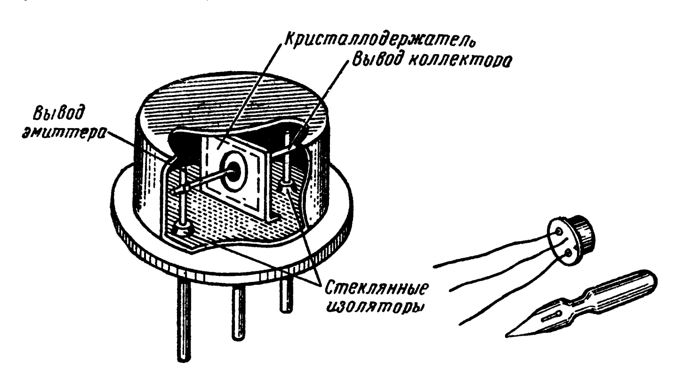


Рис. 136. Устройство и внешний вид наиболее распространенных транзисторов (рядом для сравнения показано перо).

Точно такое же конструктивное оформление имеют высокочастотные германиевые транзисторы П401 — П403. Разница только в расположении выводов (рис. 137): у них по сравнению с транзисторами П13—П16 выводы базы и коллектора поменялись местами. Объясняется это тем, что у высокочастотных транзисторов с корпусом соединена не база, как у низкочастотных транзисторов, а кол-

лектор. Кроме того, у них вывод эмиттера обозначен цветной точкой, нанесенной на корпус прибора.

Транзисторы П13 — П16 и П401—П403 являются транзисторами широкого применения. Основные данные этих транзисторов помещены в конце книги.

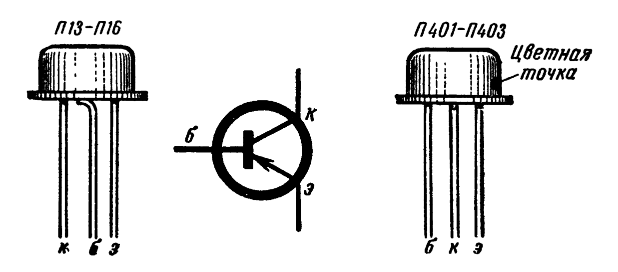


Рис. 137. Расположение выводов наиболее распространенных транзисторов.

Как же работает транзистор?

Воспользуемся схемами и графиками, изображенными на рис. 138. Слева на этом рисунке ты видишь упрощенную схему усилителя на транзисторе *р-п-р*-типа, в середине и справа — иллюстрации, поясняющие физическую сущность работы этого усилителя. Здесь, как и на предыдущих рисунках, дырки условно обозначены

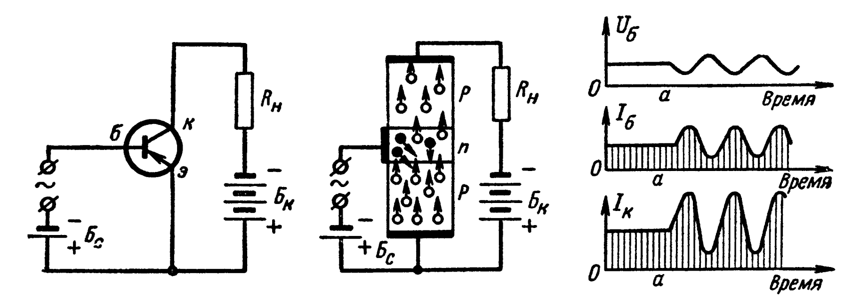


Рис. 138. Упрощенная схема усилителя на транзисторе *р-п-р*-типа и графики, иллюстрирующие его работу.

кружками, а электроны — черными точками таких же размеров. Запомни наименования *р-п*-переходов: между коллектором и базой — к о л л е к т о р н ы й, между эмиттером и базой — э м и т т е р н ы й.

Между коллектором и эмиттером включена батарея $Б_к$ (коллекторная), создающая на коллекторе по отношению к эмиттеру отрицательное напряжение порядка нескольких вольт. В эту же цепь, именуемую к о л л е к т о р н о й, включена нагрузка $R_н$, которой

может быть телефон, громкоговоритель или в зависимости от назначения усилителя иной прибор.

Если база ни с чем не будет соединена, в коллекторной цепи появится очень слабый ток (десятые доли миллиампера), так как при такой полярности включения батареи $Б_к$ сопротивление коллекторного перехода окажется очень большим; для коллекторного перехода это будет обратный ток.

Ток коллекторной цепи $I_к$ резко возрастает, если между базой и эмиттером включить батарею смещения $Б_с$, подав на базу по отношению к эмиттеру небольшое, хотя бы десятая доля вольта, отрицательное напряжение. Вот что при этом произойдет. При таком включении батареи $Б_с$ (имеется в виду, что зажимы для подключения источника усиливаемого сигнала соединены накоротко) в этой новой цепи, именуемой ц е п ь ю б а з ы, пойдет прямой ток некоторой величины $I_б$; как и в диоде, дырки в коллекторе и электроны в базе будут двигаться встречно и нейтрализоваться, обусловливая ток через коллекторный переход.

Но судьба большей части дырок, перемещающихся в коллекторе в сторону базы, иная, чем исчезнуть при встрече с электронами. Дело в том, что при изготовлении транзисторов *p-n-p*-типа насыщенность дырок в эмиттере (и коллекторе) делают всегда большей, чем насыщенность электронов в базе. Благодаря этому только небольшая часть дырок (меньше 10%), встретившись с электронами, исчезает. Основная же масса дырок свободно проникает в базу, попадает под более высокое отрицательное напряжение на коллекторе, входит в коллектор и в общем потоке с его дырками перемещается к его отрицательному контакту. Здесь они нейтрализуются встречными электронами, вводимыми в коллектор отрицательным полюсом батареи $Б_к$. В результате сопротивление всей коллекторной цепи уменьшается и в ней течет как бы прямой ток, во много раз превышающий обратный ток коллекторного перехода. Чем больше отрицательное напряжение на базе, тем значительнее ток коллекторной цепи. И, наоборот, чем меньше отрицательное напряжение на базе, тем меньше и ток коллекторной цепи транзистора.

А если в цепь базы последовательно с источником постоянного напряжения, питающего эту цепь, вводить переменный электрический сигнал? Транзистор усилит его.

Процесс усиления в общих чертах происходит следующим образом. При отсутствии напряжения сигнала в цепях базы и коллектора текут токи некоторой величины (участки *Oa* на графиках на рис. 138), определяемые напряжениями батарей и свойствами транзистора. Как только в цепи базы появляется сигнал, соответственно ему начинают изменяться и токи в общих цепях транзистора: во время отрицательных полупериодов, когда суммарное отрицательное напряжение на базе возрастает, токи цепей увеличиваются, а во время положительных полупериодов, когда напряжения сигнала и батареи $Б_с$ противоположны и, следовательно, отри-

цательное напряжение на базе уменьшается, токи в обеих цепях тоже уменьшаются. Происходит усиление по напряжению и току.

Если во входную цепь, т. е. в цепь базы, будет подан низкочастотный электрический сигнал, а нагрузкой выходной — коллекторной — цепи будет телефон, он преобразует усиленный сигнал в звук. Если нагрузкой будет резистор, то создающееся на нем напряжение переменной составляющей усиленного сигнала можно будет подать во входную цепь второго транзистора для дополнительного усиления. Один транзистор может дать более чем 30—50-кратное усиление по току и напряжению.

Заметим, что на базу транзистора, кроме напряжения усиливаемого сигнала, обязательно должно подаваться некоторое начальное постоянное отрицательное напряжение, называемое н а п р я ж е н и е м с м е щ е н и я (на рис. 138 — батарея $Б_с$). Без него эмиттерный переход «срежет» положительные полупериоды сигнала, отчего усиление будет сопровождаться искажениями. Напряжение смещения на базу не подают лишь в тех случаях, когда эмиттерный переход транзистора используют для детектирования.

Точно так же работают и транзисторы *n-p-n*-типа, только в них основными носителями тока являются не дырки, а электроны. В связи с этим полярность включения батарей, питающих цепи базы и коллекторов транзисторов *n-p-n*-типа, должна быть не такой, как у транзисторов *p-n-p*-типа, а обратной.

Рассмотри еще раз схему, о которой сейчас шел разговор. Она очень схожа со схемой усилителя на электронной лампе (см. рис. 119).

Но физическая сущность работы этих схем различна.

В схеме на рис. 138 эмиттер является общим электродом для обеих цепей транзистора — базы и коллектора. В связи с этим такую схему включения транзистора называют схемой с о б щ и м э м и т т е р о м или схемой с з а з е м л е н н ы м э м и т т е р о м. Эта схема — самая распространенная. Существуют и другие схемы включения транзисторов, например с общей (или заземленной) базой, но они мало распространены в радиолюбительских конструкциях.

Транзисторные схемы имеют некоторые особенности, резко отличающие их от схем на электронных лампах. Наиболее существенная особенность — необходимость затраты дополнительной энергии на питание входных цепей транзисторных усилителей. Во входных (сеточных) цепях усилителей на электронных лампах токи практически отсутствуют. У транзисторов же даже при небольших напряжениях во входных цепях протекают сравнительно большие токи. Объясняется это малым сопротивлением входных цепей транзисторных схем. Если у электронных ламп сопротивление входных цепей составляет сотни тысяч и миллионы ом, то у транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером, сопротивление входных цепей не превышает 500—600 *ом*.

Малое входное сопротивление транзистора шунтирует выходную цепь предыдущего усилительного каскада, что ухудшает условия его работы, усложняет согласование цепей транзисторного усилителя в целом. Это — недостаток транзисторов.

Транзисторы и транзисторные схемы оцениваются рядом других параметров, к которым мы еще вернемся. Сейчас же тебя должны интересовать три наиболее важных параметра транзисторов: предельная рабочая частота, коэффициент усиления по току и обратный ток коллектора.

Предельная рабочая частота — наибольшая частота электрических колебаний, усиливаемых транзистором без искажений. Выраженная в килогерцах или мегагерцах, она характеризует транзистор с точки зрения возможности использования его для усиления напряжений или токов тех или иных частот. Предельная рабочая частота транзисторов П13, например, 500 *кгц*, П14 — 1 *Мгц*, П15 — 1,6 *Мгц*, а П401 — П403 — больше 30 *Мгц*. Это значит, что транзисторы П401 — П403 могут быть использованы для усиления частоты любого радиовещательного диапазона, транзисторы П15 пригодны для усиления частот как средневолнового, так и длинноволнового диапазонов (150 *кгц* — 1,6 *Мгц*), а П13 — только для частот длинноволнового диапазона (150—430 *кгц*).

Транзисторы П13 — П16 принято называть низкочастотными транзисторами, а П401—П403 — высокочастотными.

Коэффициент усиления по току — величина, показывающая, во сколько раз амплитуда переменного тока в выходной — коллекторной — цепи больше амплитуды тока этого сигнала во входной цепи транзистора. Этот коэффициент для схемы усиления с общим эмиттером, являющейся наиболее распространенной, обозначают греческой буквой β (бета). Наиболее массовые транзисторы имеют коэффициент усиления β-20 $\div$ 100. Чем больше значение β, тем, естественно, большее усиление может дать транзистор.

В различных справочниках ты можешь встретить коэффициент усиления, обозначенный греческой буквой α (альфа). Этот коэффициент, который всегда меньше единицы, указывается для транзистора, включенного по схеме с общей базой. Коэффициент α можно пересчитать на коэффициент β по следующей формуле:

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

Так, например, коэффициент усиления $\alpha = 0{,}98$ соответствует коэффициенту β:

$$\beta = \frac{0{,}98}{1 - 0{,}98} = 49.$$

Обратный ток коллектора $I_{к.\,о}$ характеризует качество транзистора. У отдельных транзисторов он может быть от нескольких до 25—30 *мка*. Чем он меньше, тем доброкачественнее транзистор.

Транзисторы, у которых обратные токи коллекторов больше 30 *мка*, в работе ненадежны.

Эти основные параметры транзисторов ты найдешь в конце книги.

Более подробно о транзисторах и математике транзисторных схем мы поговорим в двадцать первой беседе.

О ЧЕМ НАДО ПОМНИТЬ

Для питания транзисторов требуются сравнительно небольшие напряжения и токи. В этом отношении транзисторы очень выгодно отличаются от радиоламп. Транзисторы к тому же во много раз долговечнее радиоламп.

Правда, транзисторы дают меньшее усиление, чем современные радиолампы, но этот их недостаток может быть компенсирован увеличением числа усилительных ступеней — каскадов. При этом экономичность конструкции в целом все равно остается достаточно высокой.

Но транзисторы требуют к себе более пристального внимания, аккуратности и опыта работы с ними, чем радиолампы. Так, например, начинающие радиолюбители иногда по ошибке включают на аноды электронных ламп отрицательное напряжение. Для радиоламп такая ошибка не опасна. Но если напряжение не той полярности подать на электроды транзисторов, они могут испортиться.

Плохая пайка или слабый контакт выводных штырьков электродов радиоламп с источниками питания приводит обычно только к перебоям в работе приемника, трескам. Опасности для самих ламп от этого нет никакой. Но если плохие контакты окажутся в приемнике на транзисторах, то из-за разрыва цепей, особенно цепи базы, эти приборы могут испортиться.

Транзисторы по механической прочности превосходят многие радиолампы. Но они менее стойки, чем радиолампы, к действию высокой температуры. Если транзистор перегреть, например паяльником при монтаже, он навсегда может потерять все свои замечательные свойства.

Транзисторы подобно конденсаторам и резисторам соединяют с другими деталями радиосхемы посредством пайки. Их проволочные выводы можно изгибать и даже укорачивать до 15—20 *мм*, если в этом есть необходимость. Но делать это нужно очень осторожно, чтобы не поломать непрочные выводы.

Во время пайки среднюю часть вывода плотно зажимай плоскогубцами и не отпускай до тех пор, пока место пайки не остынет. Этим приемом ты защитишь транзистор от перегрева, так как тепло, распространяющееся от паяльника по проволочному выводу к прибору, будет поглощаться плоскогубцами.

Чтобы не нарушать структуры электронно-дырочных переходов транзистора, при его монтаже первым припаивается вывод базы, вторым — вывод эмиттера, третьим — вывод коллектора. При демонтаже отпайка выводов транзистора идет в обратном порядке.

Никогда не подавай на коллекторы транзисторов более высокие напряжения, чем те, которые рекомендуются в описаниях конструкций, справочных таблицах. Превышение напряжений неизбежно приводит к перегреву транзисторов и пробою их электронно-дырочных переходов.

Не думай, что такими предупреждениями мы намереваемся отбить у тебя охоту к экспериментированию с полупроводниковыми приборами. Нет. Мы уверены, что ты займешься освоением транзисторной техники. Но мы хотим помочь тебе избежать порчи этих пока что сравнительно дорогих приборов. Требования эти элементарны. И чтобы выполнить их, надо лишь быть внимательным.

○

ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Если ты живешь в отдаленном, пока еще неэлектрифицированном селе или собираешься сделать приемник для туристского лагеря, полевой производственной бригады, где тоже нет электросети, или сконструировать переносный транзисторный приемник, для питания их нужны будут гальванические элементы, батареи или аккумуляторы.

Что представляют собой эти химические источники тока?

ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Еще в первой беседе мы познакомили тебя с устройством самого простого химического источника тока — гальванического элемента (см. рис. 9). В нем электродами служат разнородные металлические пластинки, а электролитом — раствор кислоты. Такие элементы имеют два недостатка. Первый недостаток заключается в том, что в элементе имеется едкая жидкость, которую можно пролить, расплескать. Второй недостаток — заметное влияние на работу элемента явления поляризации. Это явление заключается в следующем: в результате непрерывного разложения электролита током, протекающим внутри элемента, на положительном электроде оседают в виде пузырьков положительные ионы водорода, образуя на нем газовую пленку, препятствующую движению электрических зарядов.

Оба эти недостатка устранены в сухом элементе, устройство которого показано на рис. 139. Отрицательным электродом этого элемента служит его цинковая коробка прямоугольной формы или круглая; внутри коробки находится угольный стержень — положительный электрод, окруженный деполяризатором — спрессованной смесью порошкообразного графита и двуокиси марганца, богатой кислородом. Деполяризатор вместе с угольным стержнем помещен в матерчатом мешочке. Свободное пространство между деполяризатором и стенками цинковой коробки заполнено пастообразным электролитом — раствором нашатыря с примесью крахмала или муки.

Цинковая коробка элемента заключена в картонную оболочку, пропитанную парафином. Сверху она закрыта картонной крышкой

и залита смолкой. Сквозь смолку проходит тонкая стеклянная трубочка для выхода газов, выделяющихся вследствие химических реакций внутри элемента. Выводы от электродов сделаны гибкими изолированными проводниками.

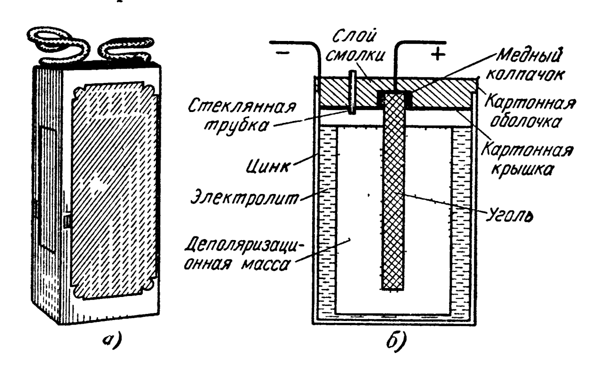


Рис. 139. Сухой элемент.

а — общий вид; *б* — устройство.

При работе такого элемента, а работает он так же, как и элемент с жидким электролитом, выделяющийся водород химически соединяется с кислородом, содержащимся в молекулах двуокиси марганца деполяризатора. В результате этой реакции образуется вода и газовой пленки на положительном электроде не получается. Такие элементы называют сухими элементами с марганцевой деполяризацией.

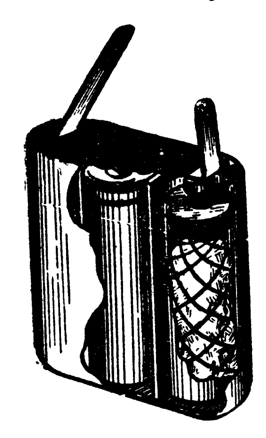


Рис. 140. Устройство батарейки для карманного фонарика.

Широкое распространение получили элементы с воздушно-марганцевой деполяризацией. По своему устройству они почти не отличаются от обычных элементов с марганцевой деполяризацией. Но у них явление поляризации устраняется как при помощи кислорода, содержащегося в двуокиси марганца деполяризатора, так и при помощи кислорода воздуха, поступающего внутрь элемента через «дыхательное» отверстие. Благодаря такой усиленной деполяризации элементы с воздушно-марганцевой деполяризацией могут давать в несколько раз больший ток, чем таких же размеров элементы с марганцевой деполяризацией.

Сухие элементы работают до тех пор, пока от действия химической реакции не разрушится цинковый электрод и не изменится химический состав электролита и деполяризатора.

Вскрой разрядившуюся батарейку для карманного фонарика (рис. 140). В ней три элемента. Рассмотри внимательно устройство любого из них. Его отрицательным электродом является цинковый цилиндрик с донышком, а положительным — угольный стержень, помещенный в полотняный мешочек с деполяризатором. Пустоты заполнены электролитической пастой. Сверху элемент залит слоем смолки.

Как видишь, устройство элемента батарейки для карманного фонарика и элемента, показанного на рис. 139, одинаково. Они различаются в основном лишь размерами. Так же устроены элементы многих батарей, используемых для питания цепей анода и экранирующих сеток батарейных ламп, для питания транзисторов.

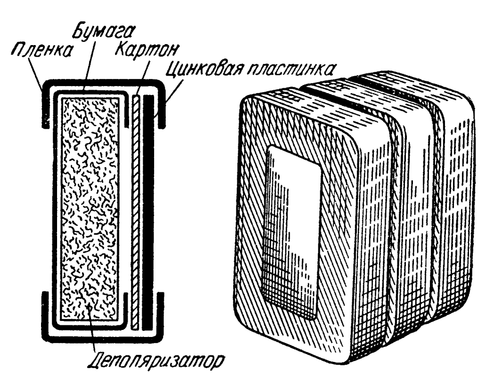


Рис. 141. Элемент галетного типа

В некоторых батареях, например, «Крона», элементы имеют форму галеты (рис. 141), поэтому их называют элементами галетного типа. Отрицательным электродом элемента этого типа служит цинковая пластинка, а положительным — поляризационная масса, состоящая из смеси двуокиси марганца и графита, которая обернута тонкой бумагой. Между электродами имеется картонная прокладка. Галета пропитывается электролитом и прочно стягивается тонкой пленкой эластичного пластиката. При сборке батареи отдельные галеты укладывают в виде столбика и сжимают. При этом края пластикатовых пленок плотно прилегают одна к другой, образуя сплошную оболочку столбика, предохраняющую от испарения воды из электролита.

Один гальванический элемент независимо от его конструкции развивает напряжение около 1,5 *в*. Ток же, который можно потреблять от элемента, определяется главным образом размерами его электродов и обычно не превышает 0,2—0,3 *а*. Чтобы получить большее напряжение или больший ток, элементы соединяют в батареи.

СОЕДИНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В БАТАРЕЮ

Существует три вида соединения элементов в батареи: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательное соединение элементов в батарею показано на рис. 142. Здесь положительный полюс правого элемента — плюс

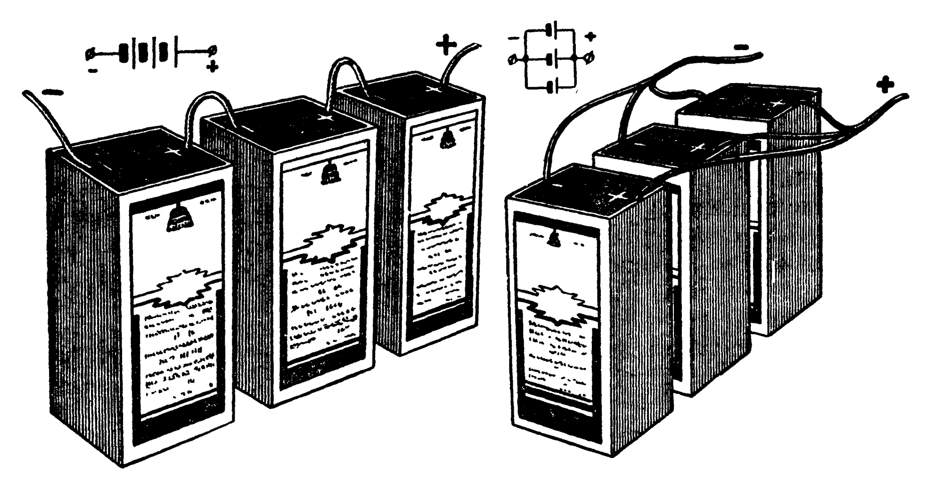


Рис. 142. Последовательное соединение элементов в батарею.

Рис. 143. Параллельное соединение элементов в батарею.

батареи, а отрицательный полюс левого элемента — минус батареи. Точно так же соединены элементы батарейки для карманного фонарика. При таком соединении элементов напряжение батареи равно

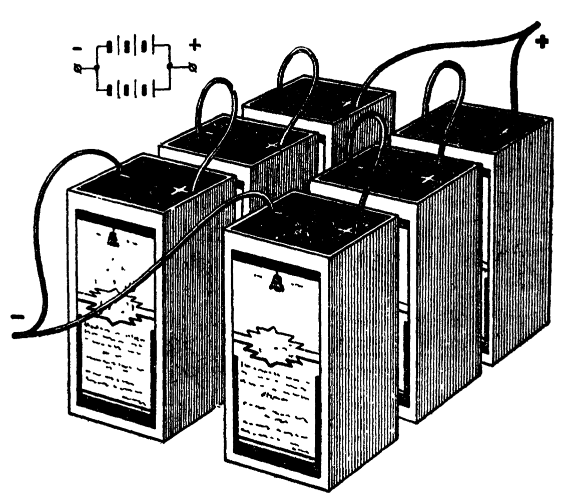


Рис. 144. Смешанное соединение элементов в батарею.

сумме напряжений всех входящих в нее элементов. Если, например, соединить последовательно три элемента, каждый из которых дает напряжение 1,3 *в*, то напряжение батареи будет 3,9 *в*. От такой ба-

тареи можно потреблять ток величиной не больше, чем может дать каждый в отдельности взятый элемент.

Когда нужно получить больший ток, чем может дать один элемент, элементы соединяют в батарею одноименными полюсами — параллельно, как показано на рис. 143. Такая батарея может дать во столько раз больший ток, чем один элемент, сколько элементов соединено в батарею. Если, например, один элемент может отдавать ток 0,1 *а*, а требуется ток 0,5 *а*, нужно параллельно соединить пять таких элементов. Напряжение такой батареи равно напряжению одного элемента.

Когда требуется одновременно увеличить и напряжение, и ток, прибегают к смешанному соединению элементов в батарею: элементы сначала соединяют последовательно в группы до требуемого напряжения, а затем эти группы соединяют параллельно (рис. 144). Возможен и другой способ смешанного соединения элементов: сначала элементы соединяют параллельно по нескольку штук в группы, а потом эти группы соединяют последовательно.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Наша промышленность выпускает много различных типов элементов и батарей. Внешне одиночные элементы различаются размерами, формой, а внутреннее устройство их почти одинаково. Батареи же представляют собой блоки соединенных элементов. Есть блоки, объединяющие по две батареи, например накальную и анодную, и даже по три: накальную, анодную и сеточную. Такие блоки предназначаются для питания экономичных батарейных приемников.

Наименования элемента и батареи, имеющиеся на их этикетках, состоят из ряда цифр и букв, характеризующих данный источник тока, например, 1,3-НВМЦ-150, 102-АМЦ-У-1,0. Здесь первая группа цифр указывает начальное напряжение в вольтах, последняя — начальную емкость в амперах-часах. Одна или несколько букв, стоящих за первой группой цифр, являются сокращенным обозначением назначения элемента или батареи: А — анодная, Н — накальная, Ф — фонарная, АН — анодно-накальная, АС — анодно-сеточная, СА — слуховая (для питания слухового аппарата) анодная, СН — слуховая накальная, АНС — анодно-накальная сеточная. Следующие одна или две буквы характеризуют систему деполяризации: М — марганцевая, ВМ — воздушно-марганцевая, ВД или В — воздушная. Буква Ц означает, что отрицательные электроды элементов цинковые. Затем может стоять буква Г — элементы галетного типа и буква Ч — элементы чашечкового типа. Батареи из элементов стаканчикового типа дополнительных букв в наименовании не имеют. Далее может быть буква Х — холодостойкий или буква У — универсальный источник тока. Летние

элементы и батареи в своих наименованиях могут этих букв не иметь.

Для примера расшифруем наименования тех источников тока, о которых мы сейчас упомянули. Наименование элемента 1,3-НВМЦ-150 расшифровывается так: начальное напряжение 1,3 *в* (первая группа цифр), накальный (буква Н), воздушно-марганцевой деполяризации (буквы ВМ), отрицательный электрод цинковый (буква Ц), летний (нет буквы, характеризующей температурные условия), начальная емкость 150 *ач* (последняя группа цифр). Наименование 102-АМЦГ-У-1,2 означает: анодная батарея с начальным напряжением 102 *в*, марганцевой деполяризации, с цинковым отрицательным электродом, галетная, универсальная, начальная емкость 1,2 *ач*.

В наименованиях некоторых батарей после цифр емкости может стоять маленькая буква п, например 1,2-НВМЦ-525п. Она означает, что выводные провода батареи подведены к панельке, в которую вставляется переходная колодочка шланга питания.

Такая система обозначения элементов и батарей введена была несколько лет назад.

Справочную таблицу основных данных наиболее распространенных гальванических элементов и батарей ты найдешь в конце книги (см. приложение 4). В ней указываются и старые их наименования. В третьей графе приведены торговые названия некоторых батарей. Они обычно соответствуют наименованиям тех приемников, для питания которых они предназначены: «Малыш» — для питания приемника «Малыш», «Слух», — для питания слухового аппарата «Слух» и т. д.

В шестой графе таблицы указываются минимальные сопротивления цепей, на которые рекомендуется разряжать тот или иной источник тока. По этим величинам сопротивлений можно судить о допустимых разрядных токах, при которых элементы и батареи наиболее эффективно отдают свои емкости. Элемент 1,3-НВМЦ-150, например, рекомендуется подключать к цепи с сопротивлением не менее 5 *ом*. В этом случае свежий элемент будет (по закону Ома) отдавать цепи ток, равный 0,26 *а* ($I = \frac{1,3}{5}$), т. е. 260 *ма*. Если разряжать его бо́льшим током, подключив, скажем, к цепи с меньшим сопротивлением, чем 5 *ом*, он не отдаст всей своей емкости.

В последней графе таблицы указаны сроки сохранности элементов и батарей. Имей в виду, что к концу этих сроков напряжения и емкости источников тока за счет саморазряда снижаются примерно на 15—20%.

ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ И БАТАРЕЙ И ОБРАЩЕНИЕ С НИМИ

Проще всего подобрать источник питания для транзисторных приемников или усилителей, требующих небольших напряжения и тока. Здесь тебя вполне устроит одна батарейка для карманного

фонарика, батарея «Крона» или несколько малогабаритных элементов, соединенных последовательно.

Несколько сложнее обстоит дело с подбором нужного комплекта источников тока для приемника, в котором используются батарейные радиолампы. В этом случае надо исходить из необходимых для его работы напряжений и токов.

Допустим, что нам надо подобрать комплект батарей для питания приемника, собранного, например, по схеме, помещенной на стр. 280. Всего в нем работают три радиолампы: две лампы 1К2П и одна лампа 2П2П.

Из таблицы данных радиоламп (см. приложение 1) узнаем: анодный ток лампы 1К2П при анодном напряжении 60 *в* и напряжении на экранирующей сетке 45 *в* равен 1,4 *ма*, а ток экранирующей сетки 0,4 *ма*. Следовательно, суммарный ток, потребляемый одной лампой 1К1П от анодной батареи, составит 1,8 *ма*, а двумя лампами 1К2П — около 4 *ма*. Но напряжения на аноды и экранирующие сетки этих ламп подаются через резисторы. Значит (по закону Ома), и суммарный ток цепей этих электродов ламп будет меньше 4 *ма*.

Анодный ток лампы 2П2П при напряжении на аноде и экранирующей сетке 60 *в* по данным таблицы равен 3,5 *ма*, а ток экранирующей сетки 0,8 *ма*. Суммарный же ток, потребляемый лампой 2П2П от анодной батареи, будет 4,3 *ма*.

Следовательно, по нашим расчетам общий ток, потребляемый лампами приемника от анодной батареи, составит примерно 6 *ма*.

Ток нитей накала ламп 1К2П составляет по 60 *ма*, а ток накала лампы 2П2П (половинки нити соединены параллельно) 120 *ма*. Таким образом, общий ток, потребляемый приемником от батареи накала, будет равен 240 *ма*.

Исходя из этих приблизительных расчетов, для питания данного радиоприемника из анодных батарей по разрядному току подходит любая батарея, кроме батарей, предназначенных для слуховых аппаратов. Из батарей накала по напряжению и разрядному току наиболее подходящей будет батарея 1,28-НВМЦ-525 или 1,28-НВМЦ-525п. Можно также взять два элемента 1,3-НВМЦ-150 и соединить их параллельно; получится батарея, допускающая разрядный ток 240 *ма*.

Когда батареи выбраны, можно произвести ориентировочный расчет того, сколько времени они будут работать. Допустим, что для питания того же трехлампового приемника используются анодная батарея 70-АМЦ-У-1,3 и батарея накала из двух соединенных параллельно элементов 1,3-НВМЦ-150. Если считать, что приемник потребляет от анодной батареи ток 8 *ма* (0,008 *а*) и от батареи накала 240 *ма* (0,24 *а*), то анодная батарея сможет непрерывно работать 1,3 : 0,008 $\approx$ 160 *ч*, а накальная батарея 300 : 0,24 $\approx$ 1 275 *ч*.

Батареи и элементы рекомендуем держать в сухом, прохладном месте, возможно ближе к приемнику, оберегать от ударов и толчков. При высокой температуре окружающего воздуха элементы батареи

могут быстро высохнуть. В сырых помещениях изоляция батареи и элементов снижается, а это приводит к саморазряду их.

Когда приемником не пользуешься, отключай от него батареи.

Никогда не испытывай годность элементов или батарей «на искру». Такие испытания резко снижают их запас энергии.

Присоединяя к приемнику источники питания, внимательно следи за тем, чтобы не перепутать выводы батарей накала и анода. Если в цепь накала ламп случайно будет включена анодная батарея, то нити накала ламп приемника мгновенно перегорят. Чтобы избежать этой неприятности, у зажимов питания приемника делай пометки, к какому из них какое напряжение присоединяется, а на концах проводников, присоединяемых к батареям, подвешивай картонные бирки с пометками величин напряжений и их полярности.

Лучше всего, если ты сделаешь для батарей фанерный или дощатый ящичек. На одной из стенок или на крышке ящичка можно вмонтировать ламповую панельку и припаять к ней выводы батарей. Возьми цоколь неисправной стеклянной радиолампы и с внутренней стороны его припаяй к штырькам проводники, идущие к приемнику. Цоколь внутри залей варом или смолой. Вставляя цоколь в панельку батареи, ты всегда безошибочно подключишь батареи к приемнику.

Часто сухой элемент перестает давать ток из-за высыхания в нем электролита. Такой элемент можно «оживить». Для этого в его верхней смоляной заливке просверли два отверстия и через одно из них налей в элемент дистиллированной или дождевой воды. Если стакан цинкового электрода не разъеден, то он не будет пропускать воду, в элементе образуется электролит и элемент снова будет давать ток. Доливать воду можно несколько раз, пока не разрушится цинковый стакан.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Аккумуляторы называют в т о р и ч н ы м и источниками тока. Это значит, что они не сами вырабатывают ток, как гальванические элементы, а только отдают электрическую энергию, накопленную ими во время зарядки их другим источником постоянного тока. Аккумуляторы допускают многократные заряды и разряды, чем они выгодно отличаются от гальванических элементов.

Наша промышленность выпускает много типов аккумуляторов и аккумуляторных батарей. Но в твоей практике ты сможешь использовать в основном лишь герметичные малогабаритные к а д м и е в о - н и к е л е в ы е а к к у м у л я т о р ы, разработанные специально для питания переносной аппаратуры на транзисторах. Они имеют форму диска величиной с двух-трехкопеечную монету.

Внешний вид и устройство дискового кадмиево-никелевого аккумулятора показаны на рис. 145. Он собран в стальной никелированной баночке, состоящей из двух частей — корпуса и крышки. Эти части изолированы друг от друга эластичной прокладкой, придающей коробке герметизацию, и являются контактными выводами электродов аккумулятора: крышка — отрицательным, сам корпус — положительным. Внутри находятся электроды, разделенные сеткой и пористой изоляционной прокладкой — сепаратором. Электроды сжимаются пружиной, что придает всей конструкции жесткость. При сборке баночка аккумулятора наполняется электролитом.

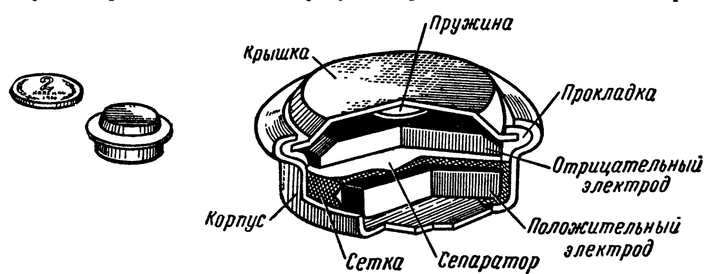


Рис. 145. Малогабаритный кадмиево-никелевый аккумулятор.

Наиболее распространены аккумуляторы типов Д-0,01, Д-0,06, Д-0,07, Д-0,12 и Д-0,2. Буква Д в наименовании означает «дисковый», а цифры показывают электрическую емкость аккумулятора в ампер-часах. Эти аккумуляторы отличаются друг от друга только размерами. Чем больше размер, тем больше емкость. Самый большой из них — аккумулятор Д-0,2 — имеет диаметр 20 *мм*.

Электродвижущая сила заряженного аккумулятора равна около 1,5 *в*, напряжение 1,25 *в*. Аккумулятор считается разряженным, когда его напряжение снизится до 0,7—1 *в*. Разряженный аккумулятор надо зарядить, пропуская через него постоянный ток, равный примерно десятой части емкости аккумулятора.

Если надо получить большее напряжение, можно из аккумуляторов, как и из гальванических элементов, составить батарею, соединив последовательно соответствующее число аккумуляторов.

Для зарядки аккумуляторов нужен выпрямитель, о котором мы расскажем в следующей беседе. А основные данные режимов зарядки дисковых аккумуляторов ты найдешь в таблице, помещенной в конце книги.

САМОДЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для питания нитей накала батарейных ламп, транзисторного приемника, если он не переносный, можно использовать самодельные элементы.

Наиболее простым и доступным для самостоятельного изготовления является так называемый медно-цинковый элемент. Положи-

тельным электродом такого элемента служит медная пластинка или спираль, отрицательным электродом — цинковая или свинцовая пластинка или цилиндрик, а электролитом — раствор медного и цинкового купоросов. Величина тока такого элемента пропорциональна его размерам: чем больше элемент, тем больший ток он может дать. Элемент, собранный в полулитровом сосуде, дает ток около 40 *ма*, а в сосуде емкостью 1 *л* — около 80 *ма*. Независимо от размеров элемент дает напряжение не больше 1 *в*. Соединяя элементы в батарею, можно получить больший ток при большем напряжении.

Элементы можно собирать в стеклянных сосудах, используя, например, стеклянные банки из-под консервов или бутылки с отрезанными горлышками. Сделать стакан из бутылки можно следующим образом. Бутылку на нужной высоте оберни тонким шнурком (веревкой), предварительно смоченным в бензине или керосине, и подожги его. Дав шнурку немного погореть, чтобы под ним хорошо прогрелось стекло, опусти бутылку быстро в холодную воду. Стекло бутылки треснет по линии шнурка, и верхняя часть ее с горлышком отвалится. Острые края полученного стакана зашлифуй точильным камнем или кирпичом.

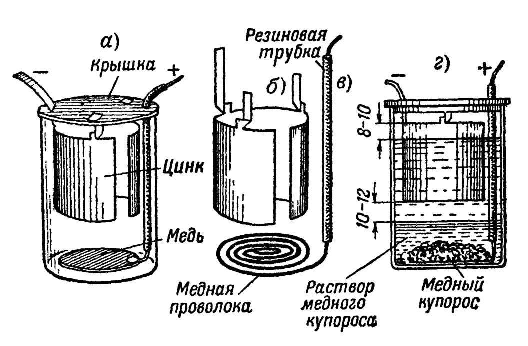


Рис. 146. Самодельный медно-цинковый элемент.

Устройство элемента и его детали показаны на рис. 146. На дне сосуда находится положительный электрод — кружок, вырезанный из листовой меди, или спираль из голой медной проволоки диаметром 1—1,5 *мм* (рис. 146, *в*). На вывод этого электрода надета резиновая трубочка или он покрыт слоем смолы или вара. Над положительным электродом расположен цинковый незамкнутый цилиндр — отрицательный электрод элемента. Он укреплен на крышке сосуда и также имеет вывод. Сосуд элемента наполнен электролитом.

Отрицательный электрод изготовь из листового цинка (не путай с оцинкованной сталью) толщиной 0,8—1 *мм*. Сначала вырежь из цинка прямоугольную пластинку такого размера, чтобы диаметр свернутого из нее неполного цилиндра был немного меньше внутреннего диаметра сосуда и нижний край его не доходил до дна на 40—45 *мм*. С одной стороны пластинки сделай прорезы так, чтобы получились три лапки-отростка. Затем сверни пластинку на круглой болванке в цилиндр (рис. 146, *б*). Отростки цилиндра продень через прорезы в крышке и с внешней стороны отогни. Рекомендуем по

имеющейся банке сделать сначала картонный шаблон с лапками, а уже по нему вырезать из цинка электрод.

Крышку элемента сделай из двух фанерных кружков разных диаметров: один из них должен быть равен внутреннему, а другой — внешнему диаметру сосуда.

Когда элемент собран, насыпь на его положительный электрод 20—30 *г* медного купороса (в кристаллах). В 1 *л* дистиллированной или дождевой воды раствори 100 *г* глауберовой или поваренной соли. Этим электролитом наполни сосуд. Уровень электролита должен на 8—10 *мм* не доходить до верхнего края цинкового электрода (рис. 146, *г*). Через некоторое время медный купорос растворится и жидкость на дне станет синей.

Чтобы привести элемент в действие, замкни его электроды на 10—15 *мин*. После этого срока перемычку, закорачивающую электроды, удали — элемент можно пускать в работу.

Уход за самодельными медно-цинковыми элементами или батареей, составленной из них, несложен. Он сводится в основном к наблюдению за сохранением определенного уровня раствора медного купороса. Во время работы элемента этот синий слой раствора должен находиться только в нижней части сосуда. Нельзя допускать, чтобы верхняя граница его поднималась до нижнего края цинка, иначе действие элемента ухудшится, а цинк будет быстро разрушаться. Поэтому такие элементы не допускают переноски и сотрясений. Элементы должны собираться и заливаться электролитом в том месте, где они будут стоять неподвижно при работе.

Если верхняя граница слоя синей жидкости понизится, то в элемент нужно будет очень осторожно опустить несколько кристалликов медного купороса. А если эта граница подойдет близко к цинку, то электроды элемента нужно на некоторое время замкнуть накоротко, пока она не опустится до требуемого уровня. Избыток раствора можно также выкачать из сосуда при помощи резиновой спринцовки с надетой на ее сосок длинной стеклянной трубкой.

С течением времени вода электролита испаряется, поэтому ее приходится доливать, но не взбалтывая раствора. Для предотвращения испарения на поверхность электролита можно пустить несколько капель растительного или вазелинового масла, которое образует на поверхности электролита пленку, задерживающую испарение.

Если на цинке и краях сосуда появятся мелкие кристаллики, это укажет на слишком большую крепость электролита. В этом случае следует осторожно удалить часть электролита и добавить в элемент воды. Края сосуда и цинкового электрода, а также выводы электродов желательно смазать вазелином или салом.

Собирать самому гальванические элементы — дело, конечно, хлопотливое. Но мы советуем тебе заняться им. И вот почему: во-первых, ты несколько снизишь расходы на свое радиолюбительское увлечение, во-вторых, лучше усвоишь устройство и работу химических источников электрического тока.

O

ПИТАНИЕ ОТ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Какой приемник строить: с питанием от батарей или от электроосветительной сети? Такой вопрос возникает, конечно, только тогда, когда имеется сеть электрического освещения.

Радиоприемник или усилитель, питаемый от осветительной сети, почти не требует хлопот — щелкнул выключатель, и он начинает работать. Поэтому когда есть электроосветительная сеть, нет никакого смысла пользоваться батареями. От электросети можно питать и транзисторные приемники.

Для питания нитей накала сетевых ламп требуется переменный ток напряжением 6,3 *в*, для питания цепей анодов и экранирующих сеток — постоянный ток напряжением около 250 *в*. В наших же электроосветительных сетях течет переменный ток напряжением 127 или 220 *в*. Задача питания цепей накала решается при помощи понижающего трансформатора. Для питания же анодов и экранирующих сеток ламп приходится сначала повышать напряжение переменного тока, а затем выпрямлять ток повышенного напряжения, т. е. преобразовывать его в постоянный ток.

ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Помнишь свойства электронных и полупроводниковых диодов? Двухэлектродная лампа пропускает ток только одного направления и совсем не пропускает ток другого направления. Полупроводниковый диод хорошо проводит ток одного направления и очень плохо ток другого направления. Будем для простоты считать, что полупроводниковый диод, как и ламповый диод, не пропускает ток обратного направления.

Схема простейшего выпрямителя переменного тока изображена на рис. 147. На ней буквой Д обозначен диод (любой), а резистором $R_н$ — нагрузка выпрямителя, т. е. цепи электронных ламп или транзисторов радиотехнического устройства.

Всмотрись внимательно в графики, иллюстрирующие сущность действия этого выпрямителя. Они должны напомнить тебе работу детектора в твоем первом приемнике (см. рис. 57 и 58). Да, в детекторном контуре приемника и выпрямителе происходит одно и то же явление — выпрямление. Только там детектор выпрямлял модули-

рованные колебания высокой частоты, а здесь диод выпрямляет переменный ток электросети: диод пропускает одни полуволны и не пропускает другие полуволны переменного тока. В результате в нагрузке $R_н$ течет выпрямленный ток, но пульсирующий с частотой 50 *гц*.

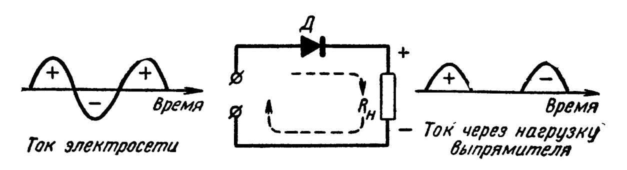


Рис. 147. Схема однополупериодного выпрямителя.

Можно ли от выпрямителя, собранного по схеме на рис. 147, питать анодные цепи приемника? Нельзя. Проходя через телефон или громкоговоритель, включенный в анодную цепь лампы, такой пульсирующий ток будет заставлять их звучать с частотой 50 *гц*; в телефоне или громкоговорителе будет слышен гул низкого тона, называемый фоном переменного тока.

Этот недостаток частично устранится, если на выходе выпрямителя параллельно нагрузке включить конденсатор, как это сделано в схеме на рис. 148, *а*. Заряжаясь от импульсов тока, этот конденсатор, так же как блокировочный конденсатор в детекторном приемнике, в моменты спадания тока или его исчезновения (между импульсами) разряжается через нагрузку. Если взять конденсатор достаточно большой емкости, то за время между импульсами тока он не будет успевать полностью разряжаться, и через нагрузку будет непрерывно поддерживаться ток. Такой ток, поддерживаемый за счет заряда конденсатора, показан на правом графике на рис. 148,*а* сплошной волнистой линией. Но и таким, несколько «приглаженным» током тоже нельзя питать приемник или усилитель: он будет «фонить», так как пульсации пока еще очень ощутимы.

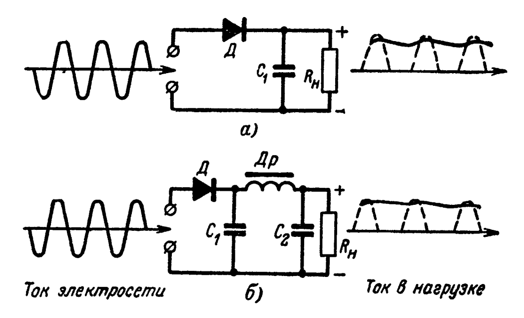


Рис. 148. Однополупериодный выпрямитель со сглаживающим фильтром.

Для устранения этого неприятного явления на выход выпрямителя можно включить ячейку сглаживающего фильтра, состоящую еще из одного конденсатора большой емкости и дросселя низкой частоты, как показано на рис. 148, *б*.

Дроссель низкой частоты — катушка индуктивности со стальным сердечником. Обладая большим индуктивным сопротивлением, дроссель оказывает сильное противодействие всяким изменениям протекающего через него тока: препятствует нарастанию тока и, наоборот, поддерживает убывающий ток. Это замечательное свойство дросселя и используется для сглаживания пульсаций выпрямленного тока. В результате совместного действия всех элементов фильтра в нагрузке $R_н$ течет хорошо «приглаженный» ток.

Конденсатор C_1, с которого подается пульсирующее напряжение на ячейку фильтра, называют входным конденсатором фильтра, а конденсатор C_2, включенный после дросселя, — выходным.

В схемах выпрямителя, которые мы сейчас разобрали, полезно используется энергия только половины волн переменного тока. Такое выпрямление переменного тока называют однополупериодным, а схемы выпрямителя — схемами однополупериодного выпрямления.

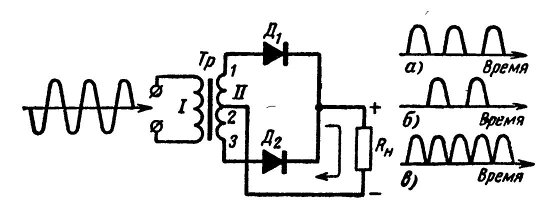


Рис. 149. Двухполупериодный выпрямитель с трансформатором и графики, иллюстрирующие работу выпрямителя.

Эти схемы, однако, страдают двумя существенными недостатками. Первый из них заключается в том, что напряжение выпрямленного тока равно примерно напряжению сети, в то время как в большинстве случаев необходимо более высокое напряжение. Второй недостаток — недопустимость присоединения заземления к приемнику, питаемому от такого выпрямителя. Если приемник заземлить, ток из электросети пойдет через приемник в землю — могут перегореть предохранители.

Оба эти недостатка устранены в схеме выпрямителя с трансформатором, приведенной на рис. 149. Здесь выпрямляется не напряжение электросети, а напряжение вторичной обмотки (*II*) трансформатора. Поскольку эта обмотка изолирована от первичной (*I*), сетевой обмотки, к радиоконструкции, питаемой от выпрямителя, можно подключать заземление.

В этом выпрямителе, кроме того, полезно используются обе полуволны переменного тока — он двухполупериодный. Для этого в нем два диода и сделан вывод от середины вторичной обмотки трансформатора.

Как работает такая схема? Прикрой нижнюю секцию обмотки *II* и диод $Д_2$. Что получилось? Схема однополупериодного выпрямителя. А теперь прикрой верхнюю секцию обмотки *II* и диод $Д_1$. Опять получилась схема однополупериодного выпрямителя. Оба

эти однополупериодных выпрямителя работают поочередно. В моменты времени, когда на выводе *1* обмотки *II* бывает относительно выводов *2* и *3* положительное напряжение, ток идет по цепи: верхний диод — нагрузка $R_н$ — верхняя секция вторичной обмотки трансформатора (график *а*). Иного пути для выпрямленного тока нет. Нижний диод в эти моменты времени не пропускает ток, так как на нем отрицательное напряжение. При других полупериодах, когда на выводе *3* относительно выводов *1* и *2* положительный потенциал, работает только нижний диод (график *б*). Выпрямленный им ток идет через ту же нагрузку $R_н$ и нижнюю секцию обмотки *II*. В это время диод $Д_1$ и его верхняя секция обмотки *II* «отдыхают». А итог таков: через нагрузку $R_н$ в одном и том же направлении идет ток, выпрямленный обоими диодами (график *в*). Это и есть двухполупериодное выпрямление переменного тока.

Эффективность работы двухполупериодного выпрямителя по сравнению с однополупериодным налицо: частота пульсаций выпрямленного тока удвоилась, «провалы» между импульсами уменьшились. Если в цепь выпрямителя включить фильтр из дросселя и конденсаторов, то эффект работы преобразователя еще более повысится.

Нужно отметить, что даже при использовании двухполупериодного выпрямителя и наличии фильтра некоторые пульсации выпрямленного тока на нагрузке все же остаются, но они настолько малы, что практически не влияют на работу приемно-усилительных приборов.

Вообще же независимо от схемы выпрямителя сглаживание пульсаций выпрямленного тока будет тем лучшим, чем больше индуктивность дросселя и емкость конденсаторов фильтра.

В фильтрах обычно используют электролитические конденсаторы емкостью 20 *мкф* и больше. В наиболее простых приемниках дроссель фильтра часто заменяют резистором.

Трансформатор и фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного тока, монтируются вместе с выпрямителем и являются составными частями его. Поэтому выпрямителем называют все эти элементы, взятые вместе.

ТРАНСФОРМАТОРЫ И АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

В выпрямителях обычно используют трансформаторы, у которых, кроме сетевых (первичных) обмоток и обмоток высокого напряжения (вторичных), которые называют п о в ы ш а ю щ и м и, имеются еще обмотки для питания нитей накала приемно-усилительных ламп. А если в выпрямителе работает кенотрон, на трансформаторе должна быть еще обмотка, дающая напряжение для питания его нити накала. Эти понижающие обмотки для краткости называют н а к а л ь н ы м и обмотками.

В выпрямителе иногда используют автотрансформатор — трансформатор с одной обмоткой, выполняющей роль сетевой и повышающей обмоток.

На рис. 150 показаны схемы двух основных видов трансформаторов питания. Первичная обмотка *I* любого из этих трансформаторов — сетевая, а все другие — вторичные, рассчитанные на разные напряжения. Первичная обмотка имеет отводы, позволяющие включать трансформатор в сети различного напряжения. Так, выводами *1* и *2* она включается в сеть с напряжением 110 *в*, выводами *1* и *3* — в сеть с напряжением 127 *в* и выводами *1* и *4* — в сеть с напряжением 220 *в*. Независимо от напряжения сети на зажимах вторичных обмоток получаются одни и те же напряжения.

В трансформаторе по схеме на рис. 150, *а* обмотка *II* повышающая. Она дает напряжение 250—300 *в*, которое, будучи преобразовано выпрямителем в постоянное напряжение, необходимо для питания анодов и экранирующих сеток радиоламп. В зависимости от выбранной схемы выпрямитель может быть как однополупериодным, так и двухполупериодным. Обмотка *III* этого трансформатора служит для питания нити накала кенотрона. Напряжение, которое она должна давать, зависит от типа кенотрона. Так, для кенотрона 5Ц4С она должна давать 5 *в*, а для кенотрона 6Ц4П или 6Ц5С 6,3 *в*. Обмотка *IV* рассчитана на напряжение 6,3 *в* и предназначена для питания нитей накала ламп приемника. В соответствии с назначением обмотку *III* называют обмоткой накала кенотрона, а обмотку *IV* обмоткой накала ламп.

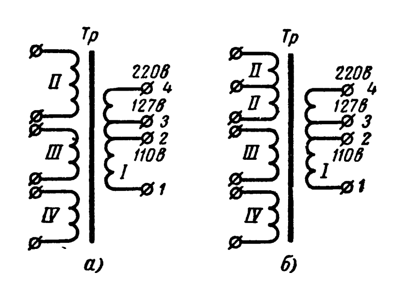


Рис. 150. Схемы основных видов трансформаторов питания.

Трансформатор по схеме на рис. 150, *б* отличается от первого лишь тем, что его повышающая обмотка *II* имеет вывод, сделанный точно от середины. Каждая из ее секций дает напряжение 250 — 300 *в*, а вся обмотка 500 — 600 *в*. Эта обмотка рассчитана для двухполупериодного выпрямителя. На выходе выпрямителя получается постоянное напряжение, равное примерно напряжению половины повышающей обмотки.

Трансформаторы включаются в сеть только через плавкие предохранители.

У многих заводских трансформаторов питания сетевая обмотка состоит из двух обмоток с отводами, различное соединение которых позволяет включать их в сети с напряжением 110, 127 и 220 *в*. Кроме того, многие трансформаторы имеют дополнительную незамкнутую обмотку с одним выводом. Она служит электростати-

ческим экраном между первичной и вторичной обмотками. Вывод этой обмотки всегда заземляют.

Образцом такого трансформатора питания, хорошо известного радиолюбителям, может служить трансформатор типа ЭЛС-2, показанный на рис. 151. Он рассчитан для работы в двухполупериодном выпрямителе с двуханодным кенотроном. Сетевая обмотка трансформатора состоит из двух обмоток: *I* и *II*, имеющих по одному отводу от промежуточных витков. Каждая из них рассчитана на напряжения 110 и 127 *в* (бо́льшие секции — на 110 *в*, меньшие — на 17 *в*). Начало, конец и отвод каждой обмотки подведены к панельке,

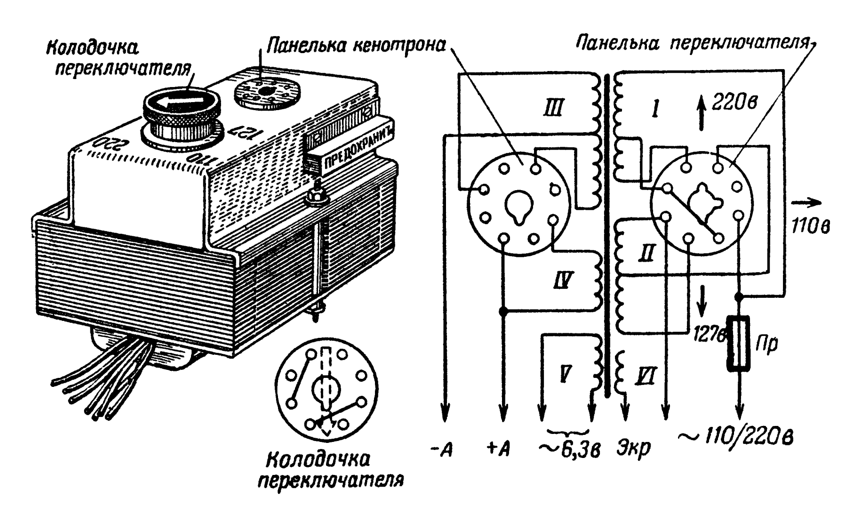


Рис. 151. Внешний вид и схема одного из трансформаторов питания.

укрепленной на трансформаторе. В панельку вставляется специальная колодочка, по своему устройству похожая на цоколь лампы, с помощью которой сетевые обмотки могут быть включены на разные напряжения. Колодочку надо вставить так, чтобы имеющаяся на ней стрелка указывала на соответствующую надпись, сделанную на трансформаторе. При напряжениях в сети 110 и 127 *в* первичные обмотки соединяются параллельно: в первом случае работают только бо́льшие секции обмоток, рассчитанные на 110 *в*, а во втором случае — все секции. При установке колодочки на напряжение 220 *в* соединяются последовательно секции обмоток, рассчитанные на напряжение 110 *в*. Назначения остальных обмоток трансформатора: *III* — повышающая, *IV* — обмотка накала кенотрона, *V* — обмотка накала ламп, *VI* — электростатический экран.

На корпусе трансформатора смонтированы ламповая панелька для кенотрона и плавкий предохранитель.

Примерно так же устроены все фабричные трансформаторы питания, но выглядят они по-разному. Не все, например, имеют па-

нельку для кенотрона, колодочку для переключения сетевой обмотки, не всегда секционирована повышающая обмотка. Если трансформатор предназначен для выпрямителя на полупроводниковых диодах, в нем нет, разумеется, обмотки накала кенотрона.

Схему и внешний вид одного из автотрансформаторов питания мы показываем на рис. 152. В сеть с напряжением 110 *в* (или 127 *в*) он включается выводами *1* и *2* обмотки *I*. В этом случае вся обмотка *I*, рассчитанная на напряжение 220 *в*, выполняет роль повышающей обмотки. Если напряжение сети 220 *в*, автотрансформатор подключается к ней выводами *1* и *3*. С этих же выводов подается напряжение и на выпрямитель. Обмотка *II*, рассчитанная на напряжение 6,3 *в*, являющаяся как бы продолжением обмотки *I*, служит для питания нитей накала радиоламп.

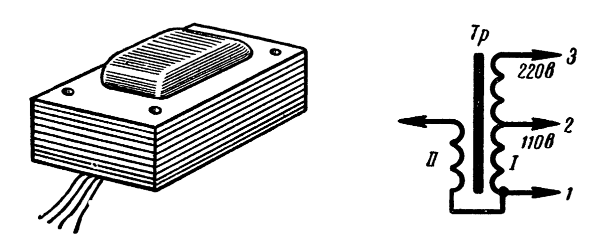


Рис. 152. Автотрансформатор питания.

Автотрансформаторы используются главным образом для однополупериодных выпрямителей на полупроводниковых приборах дешевых приемников, в простых любительских приемниках и усилителях. Некоторые из автотрансформаторов имеют обмотку накала кенотрона.

Любой трансформатор или автотрансформатор питания независимо от того, в какой схеме выпрямления он будет работать, характеризуется наибольшей мощностью тока, которую он может преобразовать. Эта мощность тем больше, чем больше поперечное сечение сердечника. Бо́льшая часть трансформаторов заводского изготовления имеет сердечники с поперечным сечением 10—12 *см*², что соответствует мощности около 65—75 *вт*. Такой мощности трансформатора достаточно для питания четырех-пятиламповой радиоконструкции.

Что же касается количества витков в обмотках трансформаторов или автотрансформаторов и диаметра их проводов, то они зависят от напряжений и токов, на которые они рассчитываются.

В приложении 5 приведены данные наиболее распространенных трансформаторов и автотрансформаторов питания. Этими данными ты можешь воспользоваться при подборе нужного тебе трансформатора или автотрансформатора, при ремонте их.

САМОДЕЛЬНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ПИТАНИЯ

Если тебе не удастся воспользоваться готовым трансформатором питания, его можно сделать самому. Подходящий сердечник для него можно взять, например, от какого-либо испорченного трансформатора, подсчитать по сердечнику числа витков, которые должны быть в обмотках, а затем, подобрав провод, намотать обмотки.

Расчет трансформатора веди в таком порядке. Сначала узнай площадь поперечного сечения сердечника S. Для этого толщину пакета в сантиметрах умножь на ширину среднего язычка пластин (также в сантиметрах). Затем подсчитай число витков w, которое должно приходиться на 1 *в* напряжения при данном сечении сердечника S, по такой формуле:

$$w = \frac{50}{S}.$$

Полученное число витков w умножь на напряжения в вольтах, которые подводятся к первичной обмотке и должны давать вторичные обмотки. Произведения этих величин укажут числа витков в каждой обмотке.

Разберем такой пример. Для питания трех-четырехлампового приемника с двухполупериодным кенотроном выпрямителем нужен трансформатор с сердечником площадью сечения около 10 $см^2$ (большее сечение сердечника не повредит). Напряжение сети 220 *в*. Повышающая обмотка должна давать 600 *в* и иметь отвод от середины (две секции по 300 *в*), обмотка кенотрона 5 *в*, обмотка накала ламп 6,3 *в*.

Допустим, мы имеем сердечник из пластин Ш-25 (Ш-образных с шириной среднего язычка 25 *мм*) с толщиной пакета пластин 4 *см*. Значит, площадь сечения сердечника будет $2{,}5 \times 4 = 10$ $см^2$.

Узнаем число витков, которое для данного сердечника должно приходиться на 1 *в* напряжения:

$$w\frac{50}{S} = \frac{50}{10} = 5 \text{ витков.}$$

Теперь нетрудно определить число витков в каждой обмотке: в сетевой обмотке должно быть $5 \times 220 = 1\,100$ витков, в повышающей $5 \times 600 = 3\,000$ витков с отводом от 1 500-го витка, в обмотке накала кенотрона $5 \times 5 = 25$ витков и в обмотке накала ламп $5 \times \times 6{,}3 \approx 32$ витка.

Если же трансформатор должен включаться в сеть с более низким напряжением, чем 220 *в*, например 127 *в*, нужно пересчитать только число витков сетевой обмотки. Однако можно поступить иначе: намотать ее с расчетом на 220 *в* с отводами на 110 и 127 *в* (как на схеме на рис. 150, *б*). В нашем примере для напряжения 110 *в* отвод надо сделать от 550-го витка, а для напряжения 127 *в* — от 635-го витка; вся обмотка будет включаться в сеть с напряжением 220 *в*.

Для сетевой обмотки подойдет провод ПЭЛ 0,3—0,5 (для 110- и 127-вольтовых секций — толще, а для 220-вольтовой — тоньше), для повышающей обмотки ПЭЛ 0,15—0,2, для обмотки накала кенотрона ПЭЛ 0,8—1 и для обмотки накала ламп ПЭЛ 1—1,2 *.

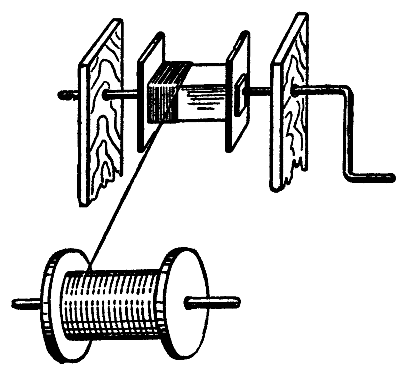


Рис. 153. Приспособление для намотки трансформатора.

На каркас, который можно склеить из толстого картона или тонкой фанеры по размеру имеющегося сердечника, наматывай сначала сетевую обмотку, затем повышающую и последними обмотки накала ламп и накала кенотрона. Провода обмоток укладывай плотными рядами—виток к витку. Между рядами делай прокладки из тонкой бумаги в два слоя, а между обмотками—в пять-шесть слоев такой же бумаги или в два-три слоя более толстой. Выводы обмоток из тонкого провода делай более толстыми гибкими проводниками, пропуская их через отверстия в щечках каркаса. Назначение каждой обмотки и ее выводы сразу же пометь на каркасе.

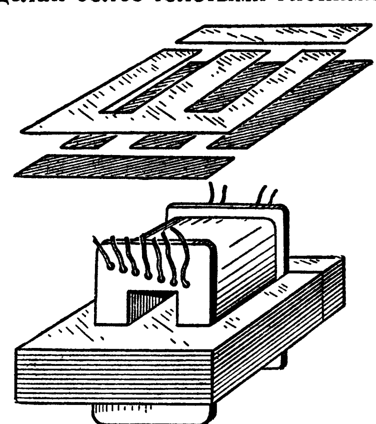


Рис. 154. Сборка трансформатора питания.

Обмотки трансформатора удобно наматывать с помощью приспособления, показанного на рис. 153. Осью бруска, который плотно входит в окно каркаса трансформатора, служит металлический пруток толщиной 8—10 *мм*, изогнутый с одной стороны наподобие ручки. Пруток удерживается в отверстиях дощатых стоек. Одной рукой вращаешь ось, а другой укладываешь провод на каркасе.

Намотку можно делать и вручную, используя удлиненный брусок с ручкой, которую можно держать в руке.

Особое внимание обращай на равномерность и плотность укладки провода и на изоляцию между рядами и обмотками. При невыполнении первого условия требуемое число витков в обмотках может

* Обмотки трансформаторов с бóльшим или меньшим сечением сердечника, т. е. рассчитанные соответственно на бóльшие или меньшие мощности, нужно наматывать соответственно из более толстого или более тонкого провода.

не уместиться на каркасе. А если не будет надежной изоляции между рядами и обмотками, то при включении трансформатора в сеть его обмотки могут «пробиться» — произойдет замыкание между обмотками или витками и трансформатор придется делать заново.

Пластины сердечника собирай «вперекрышку» (рис. 154) до полного заполнения окна каркаса и стягивай болтами или шпильками с гайками, предварительно обернув их бумагой (через стягивающие болты пластины не должны замыкаться). Плохо стянутый сердечник будет гудеть.

Включать трансформатор в сеть можно только после окончательной сборки его и обязательно через предохранитель. При этом надо следить, чтобы выводы обмоток не соединялись.

Если ты намерен сделать трансформатор для однополупериодного выпрямителя, повышающая обмотка должна иметь вдвое меньше витков и, конечно, без отвода. А если к тому же в выпрямителе будет использоваться селеновый столбик или полупроводниковые диоды, то исключи и обмотку накала кенотрона.

ВЫПРЯМИТЕЛИ

Рассмотрим несколько практических схем выпрямителей, которые ты сможешь использовать для питания конструкций. Начнем с однополупериодных выпрямителей.

Две принципиальные схемы таких выпрямителей показаны на рис. 155. Сетевые обмотки *I* трансформаторов *Тр* обеих схем, рассчитанные на напряжения сети 110—220 *в*, идентичны. Они подключаются к сети выключателями *Вк* через плавкие предохранители *Пр* на ток 0,5—1 *а*.

Повышающие обмотки трансформаторов обеих схем дают напряжение 220—250 *в*, обмотки накала ламп 6,3 *в*.

В выпрямителе схемы *а* работают два диода Д7Ж, включенные последовательно, которые шунтируются резисторами R_1 и R_2 сопротивлением по 100 *ком*. Можно использовать диоды Д7Е или Д7Д, но тогда их должно быть три, и также шунтировать их резисторами.

Почему в выпрямителе должно быть несколько диодов и зачем шунтировать их резисторами? Чтобы предупредить пробой диодов обратным напряжением.

Любой диод имеет определенный предел обратного напряжения, превышение которого приводит к пробою диода и потере им всех его выпрямительных свойств. При температуре 20° С этот предел для диодов Д7Ж не превышает 400 *в*, а для диодов Д7Д 300 *в*. С повышением температуры до 50—60° С, а в радиоаппаратуре так оно и бывает, обратное напряжение уменьшается почти вдвое (см. приложение 2), в то время как напряжение на выходе выпрямителя

достигает 220—250 *в* и более. Для одного диода это уже опасно. И вот, чтобы выпрямитель не вышел из строя, включают последовательно два-три диода.

Но подобрать два, а тем более три диода с совершенно одинаковыми внутренними сопротивлениями для обратного тока практически невозможно. А если поставить в выпрямитель диоды с разными обратными сопротивлениями, то они один за другим могут быть пробиты. При шунтировании диодов резисторами одинакового сопротивления обратное напряжение распределяется равномерно между ними и пробой диодов исключен.

В выпрямителе можно также использовать селеновый столбик, включив его вместо диодов. Шунтировать его шайбы резистором не надо. В столбике должно быть столько шайб, чтобы на каждую приходилось не более 8 *в* выпрямленного напряжения.

Рис. 155. Принципиальные схемы однополупериодных выпрямителей.

Особенность выпрямителя по схеме на рис. 155, *б* заключается только в том, что в нем работает кенотрон. Соответственно трансформатор питания имеет обмотку для питания нити накала этой лампы. Кенотрон 6Ц5С двуханодный. Здесь же оба анода соединены и, следовательно, выпрямитель работает как одноанодный. Это увеличивает выпрямленный ток.

В выпрямителе могут работать также кенотроны 6Ц5С и 5Ц4С (цоколевка у них разная). Если будешь использовать кенотрон 5Ц4С, обмотка питания его нити накала должна давать напряжение 5 *в*. Вообще же в одноанодный кенотрон можно превратить почти любую лампу, соединив все ее сетки с анодом.

В фильтре выпрямителя по схеме *а* стоит дроссель низкой частоты, а в фильтре выпрямителя по схеме *б* — резистор. Но, как ты уже знаешь, дроссель можно заменить резистором, а резистор — дросселем. Предпочтение, однако, надо отдать дросселю — падение напряжения выпрямленного тока в фильтре будет меньше и сглаживание пульсаций — лучше.

В обеих схемах один из выводов обмотки накала ламп соединен с отрицательным выводом выпрямителя. Так что этот проводник, обозначенный словом «общий», является общим для анодно-сеточных

и накальных цепей радиоламп того устройства, которое будет питаться от выпрямителя. Так, между прочим, обычно делают не только в любительской, но и в фабричной радиоаппаратуре.

Теперь о двухполупериодном выпрямителе и его разновидностях.

На рис. 156 приведены три наиболее распространенных варианта двухполупериодного выпрямителя. Сетевые обмотки *I* трансформаторов, показанные упрощенно, могут быть любыми, лишь бы во вторичных обмотках действовали нужные напряжения. Фильтры выпрямителей, вообще не показанные на схемах, аналогичны фильтру однополупериодного выпрямителя.

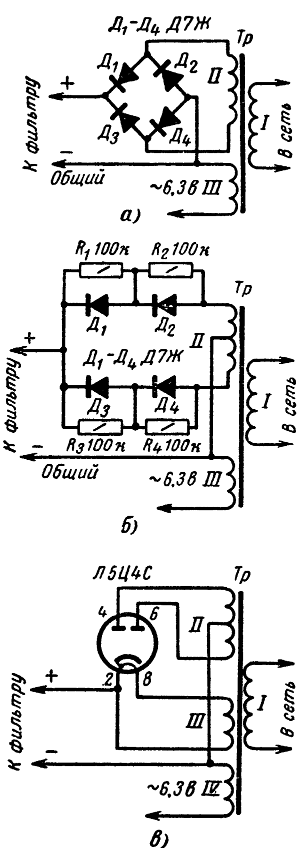


Рис. 156. Принципиальные схемы двухполупериодных выпрямителей.

Разберем только наиболее характерные особенности этих выпрямителей.

Выпрямитель по схеме *а* собран из четырех диодов Д7Ж, включенных по так называемой мостовой схеме. Его четыре плеча образуют как бы две параллельные ветви, по два диода в каждой. Повышающая обмотка *II* дает переменное напряжение около 250 *в*.

Следи внимательно! Когда на верхнем конце обмотки *II* положительное напряжение, ток идет через диод $Д_1$, фильтр, нагрузку и далее по «общему» проводнику, через диод $Д_4$ к обмотке *II*. Через диоды $Д_2$ и $Д_3$ ток идти не может, так как они включены навстречу этому току. При следующем полупериоде, когда плюс на нижнем конце обмотки *II*, ток идет по цепи: диод $Д_3$ — фильтр — полезная нагрузка — «общий» проводник — диод $Д_2$. В этот момент времени иного пути для выпрямленного тока нет — диоды $Д_1$ и $Д_4$ его не пропускают. Меняются знаки напряжения на концах повышающей обмотки, а во внешней цепи выпрямителя течет ток одного и того же направления.

Выпрямитель по схеме *б* действует так же, как ранее разобранный нами двухполупериодный выпрямитель (см. рис. 149). Только там в каждом плече стоял один диод, а здесь — по два диода, которые (как в схеме на рис. 155, *а*) зашунтированы резисторами. Напряжение на выходе выпрямителя примерно равно напряжению одной секции повышающей обмотки.

В выпрямителе по схеме *в* используется двуханодный кенотрон с общим катодом 5Ц4С. В связи с этим трансформатор имеет еще обмотку для питания нити накала этой лампы. В основном этот выпрямитель аналогичен предыдущему: поочередно работает то один, то второй диод кенотрона, в результате чего происходит двухполупериодное выпрямление переменного тока.

С таким же успехом в этом выпрямителе могут работать кенотроны 6Ц4П и 6Ц5С, если обмотка *III* будет давать напряжение 6,3 *в*. Но помни: цоколевка этих ламп совсем иная, чем у кенотрона 5Ц4С.

Выпрямитель, будь то однополупериодный или двухполупериодный — безразлично, является составной частью приемного, усилительного или иного радиотехнического устройства и обычно

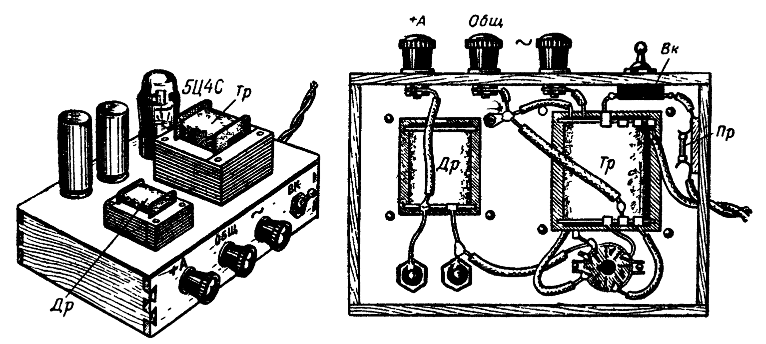


Рис. 157. Общий вид и монтаж двухполупериодного кенотронного выпрямителя.

монтируется вместе с ним. Но выпрямитель как блок питания может быть самостоятельной конструкцией. В ряде случаев это очень удобно: схема и монтаж приемника могут изменяться, дополняться, а блок питания его будет оставаться одним и тем же. Может быть, и тебе так сделать?

Одна из возможных конструкций такого блока питания, смонтированного по схеме на рис. 156, *в*, с добавлением, конечно, сглаживающего фильтра, выключателя и плавкого предохранителя показана на рис. 157. Такой выпрямитель пригоден для питания любой радиосхемы, цепи анодов и экранирующих сеток которой потребляют ток до 125 *ма*.

Верхняя панель шасси — металлическая толщиной 1,5—2 *мм*, боковые стенки — дощатые. Металлическая панель используется как общий проводник минуса выпрямителя и одного вывода обмотки накала ламп. Чтобы осуществить контакт с панелью, а через нее с корпусами электролитических конденсаторов, под гайку крепежного болта дросселя подложен жестяной лепесток. К нему припаяны проводники, идущие к среднему выводу повышающей обмотки, обмотке накала ламп и выходному зажиму «общий». Транс-

форматор питания — самодельный. Из готовых подойдет любой трансформатор мощностью 70—80 *вт.*

В фильтре выпрямителя можно использовать либо заводской, либо самодельный дроссель. Данные самодельного дросселя следующие: сечение сердечника 4—6 *см*², число витков 4 000—5 000, провод ПЭЛ 0,15—0,2. Пластины сердечника собирай «в стык». Между пачкой Ш-образных и замыкающих пластин проложи полоску тонкого картона, чтобы образовался воздушный зазор (рис. 158).

Дроссель фильтра выпрямителя можно заменить резистором. Его сопротивление и мощность рассеяния зависят от тока, потребляемого нагрузкой от выпрямителя: чем больше ток, тем меньше должно быть сопротивление резистора и больше его мощность рассеяния. Сопротивление резистора фильтра, кроме того, должно быть таким, чтобы напряжение выпрямленного тока не падало на нем более чем на 10—20 *в*, иначе усиление и выходная мощность приемника или усилителя, питающегося от выпрямителя, снизятся.

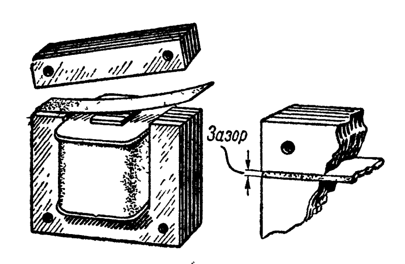


Рис. 158. Сборка сердечника дросселя низкой частоты.

Практически сопротивление резистора, включаемого в фильтр выпрямителя вместо низкочастотного дросселя, может быть от нескольких десятков ом до 1—2 *ком*, а его мощность рассеяния — от 5 до 0,5 *вт*. Так, например, если приемник или усилитель потребляет от выпрямителя ток порядка 40—50 *ма*, в фильтре выпрямителя может стоять резистор сопротивлением 750—820 *ом* на мощность 1—2 *вт*. Если будет прослушиваться фон переменного тока, который не устраняется увеличением емкости конденсаторов фильтра, сопротивление резистора придется несколько увеличить.

Конденсаторы фильтра — электролитические на рабочее напряжение 450 *в* и емкостью не менее чем по 10 *мкф*, но лучше по 20 *мкф*: меньше будет прослушиваться фон переменного тока. Предохранитель *Пр* рассчитан на ток 0,5 *а*. Для подключения трансформатора питания к электросети использован выключатель мгновенного действия — т у м б л е р.

В выпрямителе вместо кенотрона можно использовать также диоды Д7Ж, включив их по любой из знакомых тебе схем (см. рис. 156). Если используешь мостовую схему (рис. 156, *а*), повышающая обмотка должна давать 220—250 *в* переменного напряжения. Диоды смонтируй на монтажной планке.

Каκими соображениями руководствовались мы, рекомендуя тебе поначалу сделать кенотронный выпрямитель? В основном практическими. Дело в том, что кенотрон более стоек, чем полупроводни-

ковые диоды, к перегрузкам, толчкам тока, которые могут быть вызваны, например, ошибками в монтаже, замыканиями цепей, недоброкачественными деталями. А такие случаи у тебя, пока нет достаточного опыта, будут. Если по каким-то причинам выпрямитель окажется без нагрузки, напряжение на его выходе сможет возрасти до 400—450 *в*. Для полупроводниковых диодов это напряжение опасно — может получиться пробой. Кенотрону же оно не причинит вреда. А если все же кенотрон по каким-то причинам выйдет из строя, его проще заменить, да и стоит он меньше, чем несколько диодов.

Расскажем еще об одном выпрямителе — для зарядки миниатюрных аккумуляторов.

ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Одна из возможных схем выпрямителя для зарядки дисковых аккумуляторов Д-0,06—Д-0,2, о которых мы говорили в первой части этой беседы, показана на рис. 159. Это двухполупериодный выпрямитель на плоскостных диодах Д7Б — Д7Ж, собранных по мостовой схеме. С работой такой схемы ты уже знаком (см. рис. 156,*а*). В зарядном устройстве можно также использовать селеновые выпрямители типов АВС-35 и АВС-45, включив в каждое плечо по одной-две шайбы.

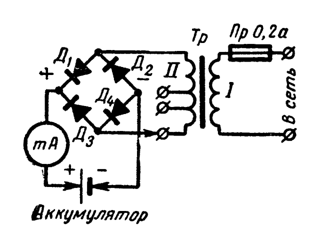


Рис. 159. Схема зарядного устройства для аккумуляторов.

Трансформатор *Тр* — понижающий. Для него подойдет сердечник сечением 5—6 $см^2$. Расчет его такой же, как трансформатора питания (см. стр. 195). Вторичная обмотка должна давать переменное напряжение порядка 20—25 *в*. Сделай от нее несколько отводов, позволяющих получать более низкие напряжения: 15, 10, 5 *в*. Это даст возможность опытным путем подобрать нужное напряжение выпрямителя.

Последовательно в цепь выпрямителя включен миллиамперметр, позволяющий судить о величине зарядного тока аккумулятора. В эту же цепь можно последовательно включить реостатом переменный резистор сопротивлением 520—620 *ом*. С помощью его легко регулировать зарядный ток аккумулятора.

Более простая схема зарядного устройства для этих аккумуляторов показана на рис. 160. Это бестрансформаторный однополупериодный выпрямитель на одном диоде типа Д7Б — Д7Ж. Резисторы R_1 и R_2, включенные в цепь выпрямителя, гасят избыточное напряжение сети переменного тока. Если зарядное устройство подключается к сети с напряжением 220 *в*, то работают оба рези-

стора, суммарное сопротивление которых составляет 9 *ком*. Если же устройство подключается к сети с напряжением 127 *в*, то резистор R_2 замыкается накоротко выключателем *Вк*. В этом случае в схеме работает только резистор R_1.

Если будешь пользоваться только сетью с напряжением 127 *в*, то резистор R_2 и выключатель *Вк* можешь из схемы исключить. А если только сетью 220 *в*, то вместо двух резисторов поставь один резистор сопротивлением 9,1 *ком*; выключатель в этом случае тоже не нужен.

Режим заряда дисковых аккумуляторов указан в приложении 5. Он для одного и того же аккумулятора может быть разным. Аккумулятор Д-0,2, например, рекомендуется заряжать током 20 *ма* в течение 10 *ч*, током 13,5 *ма* в течение 15 *ч* или током 10 *ма* в течение 20 *ч*. Но могут быть и другие режимы. Тот же аккумулятор Д-0,2, к примеру, можно заряжать током 5 *ма* в течение 40 *ч* или током 16 *ма* в течение 20 *ч* 30 *мин*. Умножь ток на время любого из этих режимов — результат будет один: 0,2, что соответствует электрической емкости данного аккумулятора. Таким образом, зная величину тока (по прибору), ты сам подсчитаешь время, необходимое для полного заряда аккумулятора.

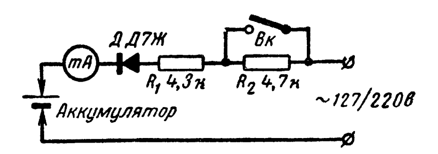


Рис. 160. Схема бестрансформаторного выпрямителя для зарядки аккумуляторов.

Превышать максимальный ток, рекомендуемый для зарядки того или иного аккумулятора, не следует — можно испортить его.

Аккумулятор считается заряженным, когда его напряжение равно 1,25—1,3 *в*.

Обычно для питания транзисторного приемника используют не один, а три-четыре аккумуляторных элемента, соединенных последовательно в батарею. Заряжать надо целиком батарею, а не каждый элемент в отдельности, обеспечив надежные контакты между ними. Величина зарядного тока остается той же, что и для одного аккумулятора.

У тебя может возникнуть вопрос: какой из предложенных схем выпрямителя для зарядки аккумуляторов отдать предпочтение? Отвечаем: первой.

Выпрямитель, собранный по первой схеме, — универсальный. Его можно использовать не только для зарядки аккумуляторов или аккумуляторных батарей, но и для питания транзисторных конструкций. Надо только добавить к нему фильтр, сглаживающий пульсации выпрямленного тока, состоящий из дросселя низкой частоты и двух электролитических конденсаторов. Емкость конденсаторов фильтра должна быть возможно большей: 100 и больше микрофарад. Рабочее напряжение конденсаторов 12—20 *в*. Для дросселя используется сердечник, имеющий площадь сечения

1,5—2 *см*². Наматывается он проводом диаметром 0,15—0,2 *мм* до полного заполнения каркаса. Пластины сердечника собираются «в стык». Между наборами Ш-образных и замыкающих пластин необходимо сделать воздушный зазор (см. рис. 158).

А теперь...

КОРОТКО О ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Любой выпрямитель преобразует ток электроосветительной сети. Напряжение в сети 127 или 220 *в*, а в выпрямителе еще больше. Опасно ли это? Да, опасно! Вот об этом-то ты и должен все время помнить.

Иногда, балуясь или хвастая, ребята касаются рукой оголенного провода или контактов штепсельной розетки. Вроде ничего опасного. Но может случиться непоправимое. Электросеть не любит шуток, не признает невнимательного отношения к себе.

Все зависит от электрического сопротивления тела человека и изоляции его от земли, влажности пола.

У разных людей в разном возрасте электрическое сопротивление тела может быть от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч ом. И если человек со сравнительно небольшим сопротивлением тела коснется проводов электросети, через него может пройти значительный ток.

Простой расчет: если напряжение сети 220 *в*, а сопротивление тела 22 *ком*, то ток по закону Ома будет равен 220 : 22 000 = = 0,01 *а*. Такой ток для человека опасен, но не смертелен. А если сопротивление мало — всего 2,2 *ком*? Тогда ток возрастет до 220: 2 200 = 0,1 *а*. Такой ток уже смертельно опасен!

Будь внимателен, когда имеешь дело с электросетью. Если надо внести какие-то изменения в выпрямитель или питающийся от него приемник, отключи выпрямитель от сети и только тогда делай то, что нужно. Вообще же внимательность — залог успеха.

O

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ И ЗВУКОСНИМАТЕЛИ

Со следующей беседы ты приступишь к изучению и конструированию усилителей низкой частоты, дающих возможность слушать радиопередачи не на головные телефоны, а на громкоговоритель.

Усилители низкой частоты, являющиеся составной частью большинства радиоприемников, можно использовать для громкого воспроизведения грамзаписи. Для этого потребуется звукосниматель — прибор, с помощью которого записанный на грампластинке звук преобразуется в электрические колебания. Для воспроизведения грамзаписи можно построить и специальный усилитель низкой частоты. Первым звеном этого устройства будет звукосниматель, а конечным — громкоговоритель.

Как же устроены и работают громкоговоритель и звукосниматель?

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Громкоговорители создают звуковые волны в воздухе мембранами конусообразной формы, сделанными из бумажной массы. Их называют диффузорами. Некоторые громкоговорители имеют металлические рупоры. Такие громкоговорители предназначены главным образом для радиофикации площадей, улиц, парков, стадионов.

Есть громкоговорители с большими диффузорами, напоминающие внешним видом тарелку. Это устаревшие электромагнитные громкоговорители типа «Рекорд».

Громкоговоритель «Рекорд», как и электромагнитный телефон, имеет сильный постоянный магнит, на полюсные наконечники которого насажены катушки из тонкого провода. Около полюсных наконечников находится якорь — железная пластинка, скрепленная иглой с вершиной конусообразного диффузора. Когда через катушки идет ток низкой частоты, якорь колеблется и колеблет диффузор.

Громкоговоритель «Рекорд» можно применять в простых сетевых и батарейных приемниках, включая его непосредственно в анодную цепь лампы, как телефоны. Недостаток электромагнитных громкоговорителей — низкое качество воспроизведения звука.

Сейчас наша промышленность выпускает главным образом электродинамические громкоговорители, дающие более высококачественное воспроизведение звука. За счет потребления ими бо́льшей энергии тока звуковой частоты они могут дать и более громкое звучание по сравнению с электромагнитными громкоговорителями.

Устройство электродинамического громкоговорителя с постоянным магнитом и его схематическое обозначение показаны на рис. 161. Между центральным стержнем кольцевого магнита — керном

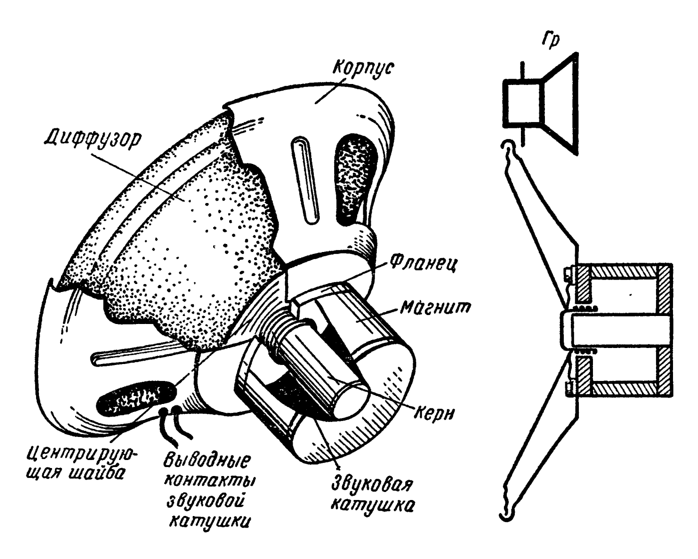


Рис. 161. Устройство электродинамического громкоговорителя.

и фланцем — накладкой магнита с круглым отверстием в центре имеется зазор, в котором создается сильное магнитное поле. В этом зазоре находится катушка, намотанная на бумажном каркасе, скрепленном с вершиной бумажного диффузора. Ее называют звуковой катушкой. При помощи центрирующей шайбы, приклеенной на стыке каркаса звуковой катушки и вершины диффузора, звуковая катушка устанавливается точно в середине магнитного зазора. Благодаря гофрам центрирующей шайбы звуковая катушка может колебаться в магнитном поле, не задевая ни за керн, ни за фланец магнита.

Края диффузора тоже гофрированы, что придает ему подвижность, и приклеены к ободу металлического корпуса. Выводы звуковой катушки сделаны изолированным многожильным проводом и снабжены контактными лепестками, укрепленными с помощью изоляционной пластинки на корпусе.

Действует электродинамический громкоговоритель так. Пока через звуковую катушку ток не идет, она покоится в середине магнитного зазора. Когда в катушке появляется ток, вокруг нее возникает магнитное поле, которое взаимодействует с полем магнита. При одном направлении тока катушка выталкивается из зазора, а при другом — втягивается в него. При пропускании через катушку переменного тока звуковой частоты катушка колеблется в зазоре с этой же частотой. Вместе с катушкой колеблется и диффузор, создавая в воздухе звуковые волны.

Внешне электродинамические громкоговорители различаются размерами, формой диффузора, конструкцией магнитной системы. Наиболее распространенные громкоговорители имеют круглые диффузоры (рис. 162, *а*) диаметром примерно от 50 до 350 *мм*. Самые маленькие из них используются главным образом в транзисторных приемниках. В некоторых громкоговорителях внутри диффузора вклеивается жесткий бумажный конус, улучшающий воспроизведение наиболее высоких частот звукового диапазона. Есть громкоговорители с эллиптическими (овальными) диффузорами. Такая форма диффузора (рис. 162, *б*) качества звуковоспроизведения не улучшает, а лишь создает некоторое удобство размещения громкоговорителя.

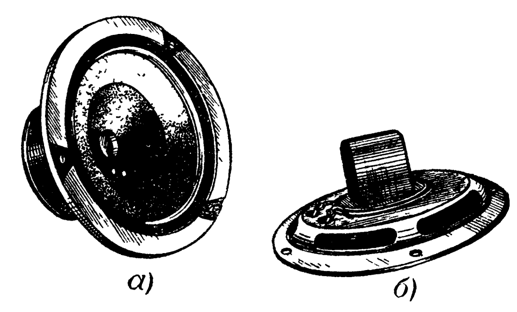


Рис. 162. Электродинамические громкоговорители.

а — с круглым диффузором; *б* — с эллиптическим диффузором.

Магнит может иметь не только кольцеобразную форму, но и квадратную, рамочную.

Ты можешь встретить устаревший электродинамический громкоговоритель с подмагничиванием. Он не имеет постоянного магнита. На керн такого громкоговорителя надета катушка, содержащая несколько тысяч витков. Ее называют катушкой подмагничивания или возбуждения. Питается она от выпрямителя. Когда через нее идет постоянный ток, получается электромагнит, создающий в кольцевом зазоре, где находится звуковая катушка, сильное магнитное поле. В остальном громкоговоритель с подмагничиванием ничем не отличается от громкоговорителя с постоянным магнитом.

Громкоговорители с подмагничиванием выпускались только для сетевых приемников и усилителей.

Есть более простые конструкции электродинамических громкоговорителей — б е с к а р к а с н ы е. Устройство такого громкоговорителя показано на рис. 163. Его магнитная система находится

под диффузором и крепится к доске с вырезами для прохода звуковых волн. К ней же приклеиваются края диффузора. Звуковая катушка удерживается в кольцевом магнитном зазоре с помощью винта, пропущенного через отверстие в фигурной центрирующей шайбе, вклеенной внутрь каркаса звуковой катушки.

Размеры, вес и форма диффузора и конструкция магнитной системы электродинамических громкоговорителей могут быть разными, но принцип работы их один и тот же.

Каждый тип электромагнитного громкоговорителя маркируется цифрами и буквами. Например: 0,1ГД-3, 1ГД-9, 3ГД-7. Первая цифра характеризует номинальную мощность громкоговорителя, выраженную в вольт-амперах (*ва*), т. е. произведение переменного

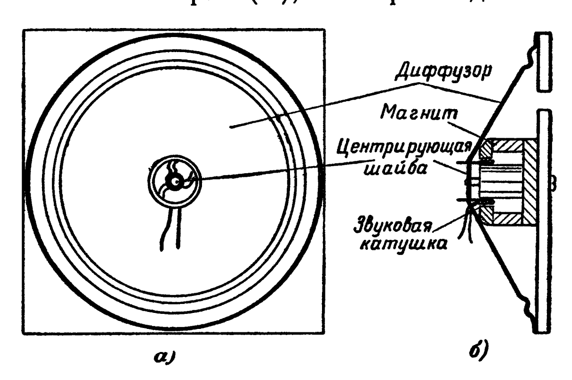


Рис. 163. Бескаркасный электродинамический громкоговоритель.

а — вид сзади; *б* — разрез.

напряжения низкой частоты, подводимого к звуковой катушке, на ток, протекающий через катушку. Буквы ГД — первоначальные буквы слов «громкоговоритель динамический». Следующая за ними цифра — заводской номер конструкции.

Номинальная мощность — наибольшая мощность тока звуковой частоты, которую можно подводить к звуковой катушке, не опасаясь, что громкоговоритель будет искажать звуки и быстро испортится. Это наиболее важный параметр, характеризующий громкоговоритель. Но не путай его с громкостью звучания, т. е. с амплитудами звуковых колебаний. Если мы возьмем два динамика с номинальными мощностями 1 и 3 *ва* и подадим к каждому из них по 1 *вт* мощности тока звуковой частоты, то первый будет звучать громче второго, хотя номинальная мощность его в 3 раза меньше. Второй динамик будет звучать громче первого только в том случае, если он будет получать ту мощность, на которую он рассчитан.

Это обстоятельство ты должен учитывать, подбирая громкоговоритель для своей конструкции.

Второй важный параметр громкоговорителя — *частотная характеристика*, т. е. показатель номинальной полосы звуковых частот, которые он равномерно и без заметных искажений воспроизводит. Границы этой полосы выражаются в герцах, например 150—7 000 *гц*. Динамик с такой характеристикой хорошо воспроизводит звуковые частоты от 150 до 7 000 *гц* и плохо — более низкие (до 150 *гц*) и более высокие (выше 7 000 *гц*). Чем шире диапазон частот, равномерно воспроизводимый громкоговорителем, тем он лучше.

Малогабаритные динамики, имеющие диффузоры небольших размеров, в этом отношении всегда уступают громкоговорителям с большими диффузорами. Номинальный диапазон частот у миниатюрного громкоговорителя типа 0,1ГД-3, например, используемого в транзисторных приемниках, 400 — 3 000 *гц*, а у громкоговорителя 4ГД 1 60—12 000 *гц*. Частотная характеристика первого динамика по сравнению с характеристикой второго хуже. Но нельзя сказать, что он плохой. Для транзисторного приемника, к которому предъявляются более низкие требования, он подходит лучше, чем второй, предназначенный для приемника с более высокими требованиями к качеству звучания.

Эти и некоторые другие параметры электродинамических громкоговорителей обычно указываются в их паспортах. Они есть и в приложении 8, помещенном в конце книги.

ВКЛЮЧЕНИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЯ

Посмотрев внимательно на четвертую колонку приложения 8, ты увидишь, что только у некоторых видов громкоговорителей (0,2ГД-2, 0,5ГД-14) звуковые катушки обладают сопротивлением 25—28 *ом*. Эти малогабаритные громкоговорители специально разработаны для транзисторных приемников. Их звуковые катушки, намотанные сравнительно тонким проводом и содержащие большее число витков, чем другие, включаются непосредственно в коллекторную цепь транзистора-усилителя без каких-либо промежуточных деталей.

Звуковые катушки подавляющего большинства громкоговорителей, предназначенных для радиотрансляционных сетей, радиоприемников, телевизоров, радиол, имеют небольшое число витков, намотанных проводом 0,15—0,2 *мм*, поэтому их сопротивление мало: всего 4—8 *ом*. Рассчитаны они на напряжение звуковой частоты порядка нескольких вольт, но при значительных токах. Такие громкоговорители включаются не непосредственно в анодные цепи радиоламп или коллекторные цепи транзисторов, а через трансформаторы. Трансформаторы согласуют напряжения и токи усилительных приборов с напряжениями и токами громкоговорителей. Понижая напряжение до нескольких вольт, они позволяют звуковым катушкам потреблять токи до нескольких ампер.

Эти согласующие трансформаторы, используемые в приемниках и усилителях низкой частоты, ставят в цепи **выходных**, т. е. оконечных, мощных усилительных приборов, поэтому их принято называть **выходными** трансформаторами.

Примером подключения динамика к выходной лампе усилителя может служить схема, изображенная на рис. 164. Выходной трансформатор *Тр* первичной обмоткой *I* включен в анодную цепь лампы. Колебания низкой частоты, усиленные лампой, возбуждают во вторичной обмотке такие же колебания, но более низкого, чем в анодной цепи, напряжения, которые подаются на звуковую катушку громкоговорителя.

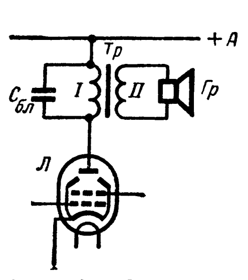


Рис. 164. Схема подключения электродинамического громкоговорителя к анодной цепи лампы-усилителя.

Параллельно первичной обмотке трансформатора подключают обычно конденсатор емкостью в несколько тысяч пикофарад, улучшающий условия работы усилителя.

Согласование напряжения и тока звуковой катушки громкоговорителя и выходной цепи усилительного устройства — обязательное условие для наиболее эффективного использования энергии звуковой частоты, отдаваемой выходным каскадом усилителя громкоговорителю.

Сердечники выходных трансформаторов усилителей на электронных лампах имеют керны, площадь сечения которых колеблется примерно от 2,5 до 8 *см*². Первичные обмотки выходных трансформаторов содержат по 2 000—4 000 витков провода ПЭЛ 0,1—0,15, а вторичные — по 50—100 витков провода ПЭЛ 0,5—0,8. Данные выходных трансформаторов, применяемых в некоторых из наиболее распространенных радиоприемников, в том числе некоторых устаревших конструкций, которыми тебе, возможно, придется воспользоваться, приведены в приложении 7. Этими сведениями ты можешь воспользоваться при намотке трансформатора для громкоговорителя с известным сопротивлением звуковой катушки, а также при перемотке испорченных выходных трансформаторов.

В том случае, если мощность и сопротивление звуковой катушки громкоговорителя неизвестны, рекомендуем изготовить выходной трансформатор по следующим данным: сечение керна сердечника 4—5 *см*²; первичная обмотка 2 500 витков провода ПЭЛ 0,12—0,15; вторичная обмотка 100 витков провода той же марки, но диаметром 0,5—0,8 *мм*; воздушный зазор 0,2 *мм*. Во вторичной обмотке сделай несколько отводов примерно через 10 витков, начиная с 50-го витка. Отводы позволяют опытным путем подобрать наивыгоднейшие условия работы громкоговорителя и выходной лампы. На каркас намотай сначала первичную обмотку, затем вторичную. Провод укладывай плотными рядами, виток к витку. Между рядами делай прокладки из двух-трех слоев конденсаторной, папиросной или

«компрессной» бумаги, а между обмотками — слой более толстой бумаги или четыре-пять слоев тонкой. Следи, чтобы витки вторичной обмотки возле щечек каркаса не проваливались между витками первичной обмотки.

Выходные трансформаторы транзисторных приемников, в которых используются динамики с низкоомными звуковыми катушками, отличаются от трансформаторов ламповых приемников в основном лишь малыми размерами.

Громкоговорители мощностью 0,1—0,5 *ва*, используемые для радиотрансляционных сетей, монтируются в изящных футлярах и снабжаются согласующими понижающими трансформаторами и, кроме того, регуляторами громкости. Их называют абонентскими громкоговорителями.

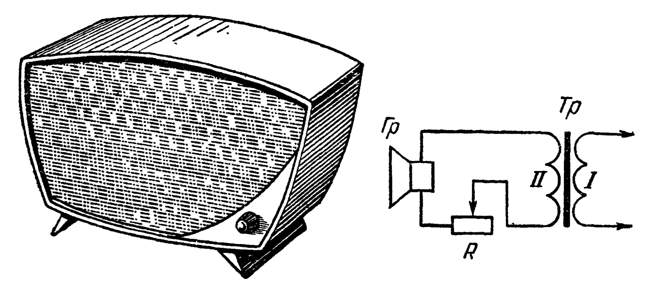


Рис. 165. Абонентский громкоговоритель.

Один из таких громкоговорителей и его схема показаны на рис. 165. Регулятор громкости — переменный резистор R — в этом громкоговорителе включен последовательно со звуковой катушкой. В других абонентских громкоговорителях регуляторы громкости в виде переменных резисторов или переключателей отводов могут быть в цепях как вторичной, так и первичной обмотки трансформатора. Первичные обмотки трансформаторов абонентских громкоговорителей рассчитаны на напряжение звуковой частоты 30 или 15 *в*. Есть громкоговорители, рассчитанные на оба эти напряжения. Переключение с одного напряжения на другое достигается перепайкой одного из проводов шнура на выводах первичной обмотки трансформатора.

Следует отметить, что эти напряжения громкоговорители получают от радиотрансляционной сети при наиболее громкой передаче. Чем меньше громкость передачи, тем меньшее напряжение звуковой частоты получает громкоговоритель от сети.

Абонентские громкоговорители вместе с их согласующими трансформаторами можно иногда использовать в простых приемниках.

Обращаться с громкоговорителями надо очень осторожно, чтобы не испортить звуковую катушку или диффузор. Громкоговоритель с порванным диффузором, даже если он заклеен, работает хуже.

ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

В транзисторных приемниках, выпускаемых нашей промышленностью, а также изготовляемых радиолюбителями, используются малогабаритные электродинамические громкоговорители мощностью до 0,5 *ва*, такие, как 0,1ГД-3, 0,25ГД-1, 0,5ГД-10.

Однако радиолюбители широко используют в своих приемниках в качестве громкоговорителей телефоны, микрофоны или телефонные капсули электромагнитных систем, превращая их в громкоговорители. Так, возможно, будешь поступать и ты. Внешний вид некоторых из этих приборов показан на рис. 166.

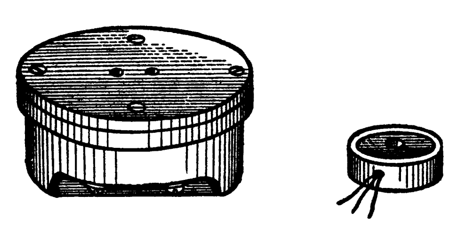


Рис. 166. Микрофон типа ДЭМ-4 (слева) и телефонный капсуль ДЭМШ-1 (справа).

Микрофон ДЭМ-4 по своему устройству очень похож на электромагнитный телефон и имеет примерно такие же размеры. Его звуковая катушка имеет сопротивление 50—60 *ом*. Включается он непосредственно в коллекторную цепь транзистора. Звучит он достаточно громко, но полоса воспроизводимых им частот по сравнению с электродинамическими громкоговорителями более узкая.

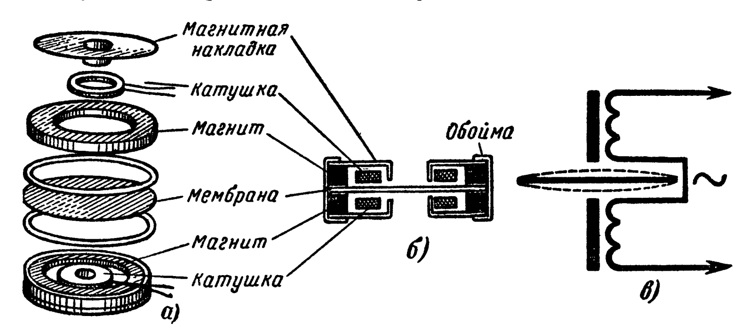


Рис. 167. Капсуль ДЭМШ-1.

а — детали; *б* — разрез; *в* — схема.

Капсуль ДЭМШ-1 имеет диаметр около 20 *мм*. Он может воспроизводить более широкий диапазон звуковых частот, но для этого надо приделать диффузор, превратив капсуль в миниатюрный громкоговоритель.

Расскажем, как это сделать. Но учти, юный друг, работа эта очень тонкая. Запасись терпением, а главное — будь аккуратен.

Прежде всего, как устроен и работает этот электромагнитный приборчик?

В нем имеются два кольцеобразных магнита, к которым приклеены стальные накладки, выполняющие роль, аналогичную роли полюсных наконечников электромагнитного телефона (рис. 167). В своеобразных чашечках, образуемых магнитами и их накладками, находятся катушки, намотанные очень тонким проводом. Катушки соединены последовательно. Мембрана, представляющая собой диск из тонкой жести, по окружности зажата между кольцевыми прокладками. Все эти детали стянуты обоймой из немагнитного металла. Мембрана может свободно изгибаться из стороны в сторону, не касаясь ни магнита, ни его накладок, ни катушки.

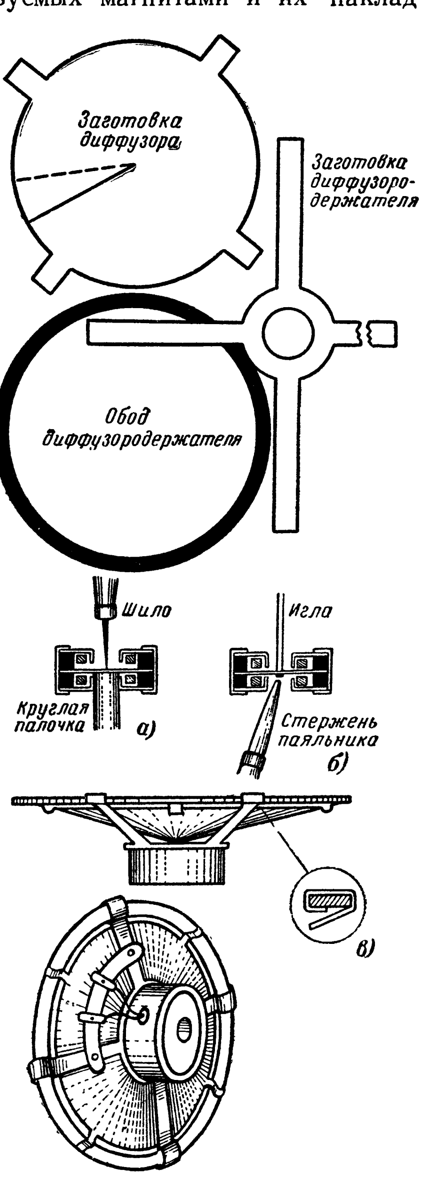


Рис. 168. Самодельный громкоговоритель.

Мембрана установлена точно между изогнутыми внутрь магнитными накладками и, испытывая одинаковое притяжение к ним, находится как бы в равновесии. Но такое равновесие будет только до тех пор, пока в катушках нет тока. Как только появится ток, вокруг них появятся магнитные поля, которые будут усиливать поле одного из постоянных магнитов и ослаблять поле другого магнита. Равновесие мембраны при этом нарушится. При одном направлении тока она прогнется в одну сторону, а при другом — в другую (на рис. 167, *в* показано пунктиром). Изгиб мембраны будет тем значительнее, чем больше ток, протекающий через катушки. Если через катушки пропускать ток звуковой частоты, мембрана, изгибаясь из стороны в сторону, станет вибрировать с этой же частотой, преобразуя ток в звук. И если мембрану скрепить с диффузором, телефонный капсуль превратится в маломощный громкоговоритель.

Как это сделать? Пользуясь рисунками, помещенными на этой

странице. Изучи их как следует и только тогда принимайся за дело.

К центру мембраны телефонного капсуля ДЭМШ-1 припаяна игла — кусок медной проволоки толщиной 0,5—1 и длиной 12—15 *мм*. С иглой скреплена вершина бумажного диффузора. Колебания мембраны через иглу передаются диффузору, который колеблет воздух, возбуждая в нем более сильные звуковые волны, чем маленькая мембрана капсуля. Эти детали — главные, остальные: диффузородержатель и его кольцевидный ободок — вспомогательные.

Заготовку диффузора вместе с лепестками, выполняющими роль гофра, вырежь из «мягкой» тетрадной обложки. Диаметр этой заготовки (без лепестков) может быть в пределах от 35—40 до 55—60 *мм*. Ширина лепестков 4—5 и длина 6—8 *мм*. В заготовке вырежь сектор с углом около 20°. Склей края кромок сектора и хорошенько просуши диффузор.

Заготовку диффузородержателя, имеющую крестообразную форму с опорной шайбой в середине, вырежь из жести или листа тонкого алюминия. Внутренний диаметр опорной шайбы диффузородержателя 12 *мм*, наружный 20 *мм*. Ширина полосок крестовины 4—5 *мм*, длина около 40 *мм*.

Ободок диффузородержателя можно выпилить из фибры, текстолита, органического стекла или в крайнем случае из хорошо проклеенной фанеры толщиной 2—2,5 *мм*. Внутренний диаметр ободка должен быть на 5—6 *мм* меньше диаметра заготовленного диффузора; ширина ободка 3—4 *мм*.

Положи заготовку диффузородержателя на стол и, придерживая опорную шайбу, отогни полоски немного вверх. Положи на полоски ободок, а на них — диффузор лепестками вниз. Посмотри, не касается ли диффузор полосок держателя, а его вершина — стола. Учти толщину ободка. Лепестки диффузора будут приклеиваться к нему не сверху, а снизу. Если изгиб диффузородержателя удачный, обожми концы его полосок вокруг тела ободка (рис. 168, *в*). Прикрепи к диффузородержателю планочку из любого изоляционного материала с жестяными контактными лепестками, к которым позже припаяешь выводы катушки капсуля. Диффузор пока не приклеивай к ободку, а лишь проколи в его вершине отверстие по толщине подобранной медной проволоки для иглы.

Крепление проволочной иглы к мембране — самый ответственный момент. Диффузор и его держатель можно переделать, если они окажутся неудачными, а из-за малейшей небрежности при креплении иглы можно загубить капсуль.

Выстрогай или подбери круглую палочку такого диаметра, чтобы она плотно вошла в отверстие капсуля и всей поверхностью торца прилегла к мембране. Наметь карандашом центр мембраны. Затем шилом проколи мембрану в этом месте, придерживая ее с противоположной стороны палочкой (рис. 168, *а*). Вставь в отверстие залу-

женный конец проволочной иглы и припаяй его к мембране (рис. 168, *б*).

Все это делай очень осторожно, чтобы не вытянуть, не помять и не изогнуть мембрану. Стержень паяльника придется запилить, иначе он не пройдет в отверстие капсуля.

Теперь клеем БФ-2 приклей к корпусу капсуля опорную шайбу диффузородержателя. Когда клей хорошо засохнет (примерно через сутки), насади на иглу диффузор, отцентрируй его, изогни лепестки наподобие гофра и приклей концы их к ободу диффузородержателя. Диффузор должен свободно качаться, не задевая за обод. Вершина его скрепляется с иглой капелькой клея БФ-2.

Остается припаять выводы катушки к контактным лепесткам на диффузородержателе, и громкоговоритель готов.

Предварительно проверить работу громкоговорителя можно с помощью батарейки для карманного фонарика, подключая ее к выводам катушки. При одной полярности подключения батарейки диффузор должен слегка отклоняться в сторону капсуля, при другой — от него. Одновременно должны быть слышны щелчки.

Катушки капсуля ДЭМШ-1 обладают сопротивлением больше 100 *ом*, поэтому громкоговоритель, сделанный на базе этого капсуля, включается в коллекторную цепь транзистора без согласующего трансформатора.

Таким же способом можно сделать громкоговоритель на базе ушного микротелефона от слухового аппарата «Кристалл», удалив горловину, которой он вставляется в раковину уха. Сопротивление телефона около 140 *ом*. Он, как и капсуль ДЭМШ-1, включается непосредственно в коллекторную цепь транзистора.

Неплохой громкоговоритель может получиться и из телефонной трубки типа ТОН-1. В этом случае придется только удалить с гильзочек тонкий провод и намотать на них до заполнения провод ПЭЛ 0,1—0,12, чтобы уменьшить сопротивление телефона до 80—120 *ом*. Но громкоговоритель с такой трубкой будет более громоздким, чем с капсулем ДЭМШ-1 или микротелефоном «Кристалл».

ЗВУКОСНИМАТЕЛИ

Существует два типа звукоснимателей: электромагнитные и пьезоэлектрические.

Устройство и внешний вид одного из старейших типов электромагнитных звукоснимателей, предназначенных для проигрывания грампластинок при помощи патефонного механизма, показаны на рис. 169. В нем имеется подковообразный постоянный магнит с С-образными полюсными наконечниками. Между ними укреплена намотанная из тонкой изолированной проволоки катушка. Внутри катушки находится стальная пластинка — якорь. Выступающая вниз часть якоря заканчивается иглодержателем, в который встав-

ляется и зажимается винтом граммофонная игла. Якорь удерживается в среднем положении надетой на него эластичной резиновой трубкой. Если кончик иглы отклонить вправо, то противоположный конец якоря отклонится влево. Если же кончик иглы отклонить

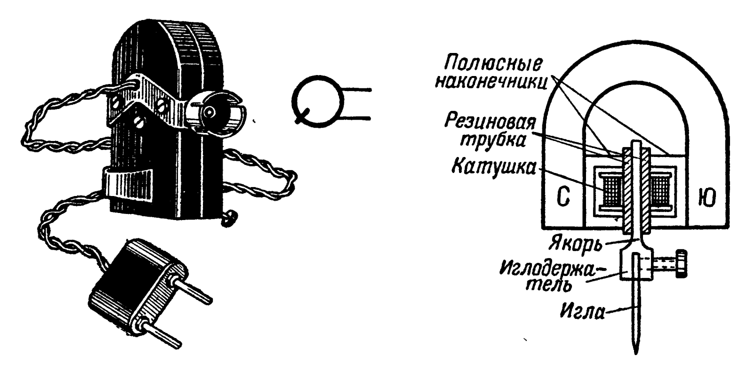


Рис. 169. Электромагнитный звукосниматель.

влево, то противоположный конец якоря отклонится вправо. Каждое колебание якоря вызывает изменение состояния магнитного поля в зазоре полюсных наконечников, а изменяющееся магнитное поле возбуждает в катушке переменное напряжение.

Рассматривая внимательно граммофонную пластинку, ты, конечно, видел на ней зигзагообразную бороздку, идущую по спирали. Эта бороздка — «рисунок» звука, записанного на пластинке. При проигрывании пластинки кончик иглы звукоснимателя, следуя за всеми извилинами бороздки, колеблет якорь, поток магнитных силовых линий в нем изменяется, а в катушке возбуждается переменное напряжение звуковой частоты. Его величина при самых громких записанных звуках не превышает 0,1—0,3 *в*. Но если это напряжение усилить при помощи электронных ламп или транзисторов, то громкоговоритель, включенный на выходе усилителя, громко воспроизведет звук, записанный на грампластинке.

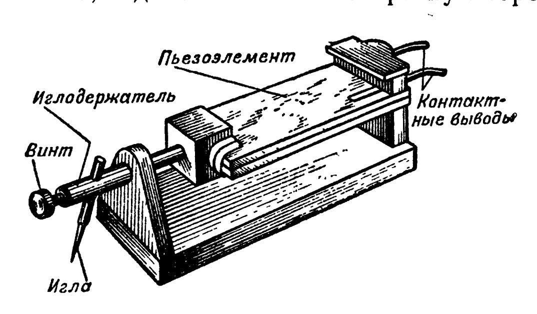


Рис. 170. Механизм пьезоэлектрического звукоснимателя.

Механизм пьезоэлектрического звукоснимателя в простейшем виде показан на рис. 170. Основной частью его является пьезоэлемент, состоящий из пластинки сегнетовой соли, фосфата аммония или титано-бариевой керамики. Один конец пьезоэлемента за-

жат неподвижно, а другой скреплен с иглодержателем. При проигрывании грампластинки кончик иглы колеблется, а пьезоэлемент от этого вибрирует. Вибрация пьезоэлемента создает на поверхностях его пластинок переменные электрические заряды с частотой, соответствующей частоте звука, записанного на пластинке. Получающееся переменное напряжение звуковой частоты через выводы пьезоэлемента и соединительные проводники подается к усилителю низкой частоты, а от него — к громкоговорителю.

Пьезоэлектрический звукосниматель развивает большее напряжение, чем электромагнитный. Но пьезоэлектрический звукосниматель уступает электромагнитному в механической прочности. От ударов по игле или корпусу звукоснимателя пьезоэлемент трескается, ломается. Испорченный пьезоэлемент не поддается ремонту.

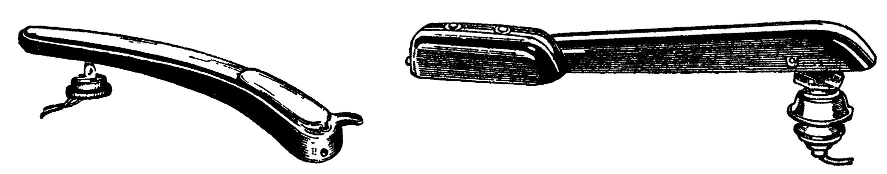


Рис 171. Звукосниматели с тонармами.

Конструктивное оформление звукоснимателей очень разнообразно. Чаще всего головки звукоснимателей монтируются в специальных держателях из пластмассы, называемых т о н а р м а м и (рис. 171).

В настоящее время наиболее распространены долгоиграющие пластинки. Их спиральные канавки расположены очень близко одна к другой и имеют меньшую ширину, чем обычные. Для проигрывания этих пластинок нужны легкие звукосниматели. Поэтому подавляющее большинство современных звукоснимателей имеют пьезоэлектрические головки.

Есть универсальные звукосниматели, в которых поворачиваются их механизмы: одна сторона их рассчитана на проигрывание обычных, а другая — долгоиграющих пластинок.

В связи с развитием стереофонической записи и стереофонического (объемного) звуковоспроизведения усложнились и головки звукоснимателей, предназначенные для этой цели.

○

УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Усилитель является обязательной частью каждого современного приемника, любого телевизора, магнитофона, радиолы, аппаратуры телеуправления, многих измерительных приборов. Усилитель лежит в основе электронной автоматики и вычислительной техники, кибернетических устройств.

Но в этой беседе мы поговорим о немногом: о принципе работы усилителя в очень узкой области его использования — для усиления колебаний низкой частоты.

ЭЛЕМЕНТЫ УСИЛИТЕЛЯ

Основным элементом усилителя служит электронная лампа или транзистор, с принципом работы которых ты уже знаком. Однако любой из этих приборов без вспомогательных деталей, создающих для него определенные условия работы, не даст нужного усиления напряжения или тока.

Для электронной лампы, выполняющей роль усилительного элемента, одним из важнейших условий ее работы является смещение. Для этого на ее управляющую сетку, кроме электрического сигнала, который надо усилить, подают еще некоторое постоянное отрицательное напряжение относительно катода. Это напряжение называют напряжением смещения. Напряжение смещения улучшает условия работы лампы, предупреждает появление сеточных токов, что может вызвать искажение звука. Сущность этого режима лампы заключается в том, что ее рабочую точку смещают вниз по характеристике лампы. Как это понимать?

Взгляни на рис. 118, где показана анодно-сеточная характеристика одного из триодов. Если рабочая точка лампы находится на пересечении прямолинейного участка характеристики с вертикальной осью координат (точка *в* на рис. 118), т. е. если на сетку лампы подается только напряжение электрического сигнала, то при положительном напряжении на сетке в ее цепи появляется ток — ток сетки. При отрицательном же напряжении сигнала этого тока нет. В некоторых случаях, например когда лампа работает

в режиме сеточного детектирования, сеточный ток — явление нормальное, но для работы лампы как усилителя он вреден.

Чтобы избежать этого явления, на сетку подают постоянное отрицательное напряжение, смещающее рабочую точку лампы вниз по прямолинейному участку характеристики. Отрицательное напряжение подбирают так, чтобы рабочая точка оказалась в середине левой части прямолинейного участка характеристики. Для характеристики, показанной на рис. 118, эта точка будет соответствовать постоянному отрицательному напряжению, равному минус 4 *в* (на характеристике отмечено крестиком). В этом случае общее напряжение на сетке под действием переменного напряжения, поступающего в цепь сетки, будет изменяться относительно напряжения минус 4 *в*. Так, например, если к сетке подводить переменное напряжение с амплитудой 2 *в*, отрицательное напряжение на ней будет изменяться от 6 до 2 *в*. Анодный ток при этом будет изменяться от 3 до 6,3 *ма*, а сеточного тока совсем не будет.

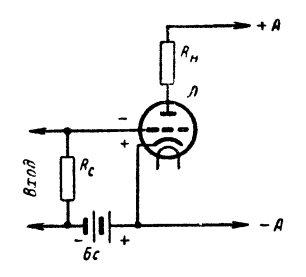


Рис. 172. Смещение на управляющую сетку от батареи.

Сделаем оговорку. В так называемом двухтактном усилителе, в котором работают две лампы, рабочую точку лампы можно смещать в самый низ характеристики. В таком усилителе лампы могут работать и при сеточных токах.

Напряжение смещения неодинаково для различных ламп. Оно определяется свойствами каждой конкретной лампы и указывается в паспортах ламп и справочных таблицах (см. приложение 1). Так, например, для лампы 2П1П при напряжении на ее аноде и экранирующей сетке 90 *в* напряжение смещения должно составлять минус 4,5 *в*. На сетку лампы 6П1П при напряжении на ее аноде и экранирующей сетке 250 *в* должно подаваться смещение минус 12,5 *в*, а на сетку лампы 6Ж3П при том же напряжении на аноде и напряжении на экранирующей сетке 150 *в* — минус 1,7 *в*.

Самый простой способ подачи напряжения смещения на сетку показан на схеме на рис. 172. Здесь в цепь управляющей сетки лампы последовательно с сеточным резистором $R_с$ включена батарея $Б_с$ так, что ее положительный полюс соединен с катодом лампы, а отрицательный — с управляющей сеткой. При таком включении батареи сетка будет иметь относительно ее катода постоянное отрицательное напряжение, равное напряжению батареи $Б_с$. Батарея $Б_с$ — батарея смещения, а напряжение, которое она создает на сетке относительно катода, — напряжение смещения.

На практике чаще используют способ смещения, не требующий применения специальной батареи. Это так называемое автоматическое смещение.

Схема усилителя с автоматическим смещением показана на рис. 173. Здесь между минусом источника питания (батареи или выпрямителя — безразлично) анодной цепи и катодом лампы включен резистор $R_к$. Управляющая сетка лампы соединена через ее резистор $R_с$ с нижним концом катодного резистора $R_к$.

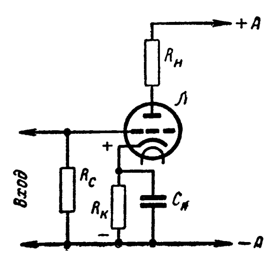


Рис. 173. Схема с автоматическим смещением на управляющей сетке.

Разберем работу этой схемы. Через резистор $R_к$ течет анодный ток лампы и на нем получается падение напряжения, действующего в этой цепи. При этом на верхнем конце резистора, а значит и на катоде, получается положительный потенциал относительно его конца, соединенного с минусом источника анодного напряжения. Так как сетка соединена не с катодом, а с концом резистора $R_к$, противоположным катоду, она получает отрицательное напряжение относительно катода.

Резистор, с помощью которого создают на сетке лампы постоянный отрицательный потенциал, называют резистором автоматического смещения.

Сопротивление резистора $R_к$, необходимое для получения требуемого напряжения смещения $U_с$, можно рассчитать по формуле

$$R_к = \frac{U_с}{I_к},$$

где $I_к$ — анодный ток лампы (или сумма токов анода и экранирующей сетки пентода или лучевого тетрода).

Приведем пример расчета. Предположим, что на управляющую сетку лучевого тетрода 6П1П надо подать напряжение смещения $U_с = 12{,}5$ *в*. Анодный ток этой лампы составляет 44 *ма* (0,044 *а*), а ток экранирующей сетки 12 *ма* (0,012 *а*). В этом случае сопротивление резистора смещения должно быть

$$R_к = \frac{12{,}5}{0{,}045 + 0{,}012} = 210 \text{ ом}.$$

Заодно давай подсчитаем мощность тока, рассеиваемую на этом резисторе:

$$P = UI = 12{,}5 \text{ в} \cdot 0{,}57 \text{ а} \approx 0{,}8 \text{ вт}.$$

Значит, этот резистор должен быть рассчитан на мощность рассеивания не менее 1 *вт*. Иначе он может сгореть.

Чтобы измерить напряжение автоматического смещения, вольтметр присоединяют параллельно катодному резистору таким образом, чтобы его зажим, отмеченный знаком «+», был подключен к катоду лампы. Если при этом вольтметр показывает 12,5 *в*, значит на сетке лампы напряжение минус 12,5 *в*.

Какова роль конденсатора $C_к$, включенного параллельно резистору автоматического смещения? Когда лампа работает в режиме усиления сигналов переменного тока, во всей ее анодной цепи появляется переменная составляющая усиливаемых колебаний. В результате на катодном резисторе, как и на анодной нагрузке, возникает переменное напряжение. Допустим, что в цепи катода стоит только резистор. Тогда создающееся на нем переменное напряжение вместе с постоянным напряжением смещения также будет автоматически подаваться на управляющую сетку лампы. Образуется о т р и ц а т е л ь н а я обратная связь, ослабляющая усиление.

Чтобы избежать этого нежелательного явления, резистор автоматического смещения шунтируют конденсатором, свободно пропускающим через себя переменную составляющую анодного тока.

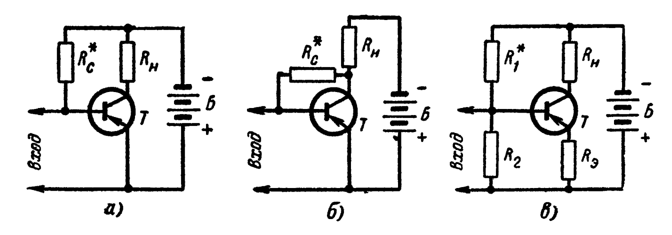


Рис. 174. Схемы усилителя на транзисторе.

В этом случае через катодный резистор идет только постоянная составляющая анодного тока, благодаря чему на управляющей сетке действует постоянное начальное отрицательное напряжение смещения.

Емкость конденсатора, шунтирующего резистор смещения, должна быть достаточно большой, чтобы конденсатор не представлял сколь-либо существенного сопротивления токам самых низких частот, усиливаемых лампой. Для усилителя низкой частоты емкость этого конденсатора должна быть не менее 10 *мкф*. Здесь обычно применяют электролитические конденсаторы. В усилителях высокой частоты емкость шунтирующих конденсаторов должна быть не менее 5 000 *пф*.

Если для усиления используется транзистор, на его базу тоже подается напряжение смещения, но без дополнительной батареи, как это было в схеме на рис. 138.

Реальные схемы однокаскадных усилителей на транзисторах показаны на рис. 174. Они различаются только способами подачи смещения. В схеме *а* напряжение смещения на базу подается через резистор $R_с$, включенный между базой транзистора и отрицательным полюсом батареи *Б*, питающей коллекторную цепь транзистора. Значение напряжения смещения определяется сопротивлением резистора $R_с$, что в свою очередь влияет на ток коллектора:

чем меньше сопротивление резистора $R_с$, тем больше отрицательное напряжение на базе и ток коллектора. Эта схема дает наибольшее усиление, но страдает существенным недостатком — низкой температурной стабильностью.

Поясним, что это такое. Транзистор во время работы греется протекающим через него током и окружающим воздухом. А при повышении температуры транзистора увеличивается ток коллектора, что в свою очередь сказывается на качестве работы транзистора как усилителя. Чтобы избежать этого неприятного явления, резистор смещения включают между базой и коллектором (рис. 174, *б*). В этом случае коллекторный ток автоматически поддерживается вблизи выбранного значения. Правда, при этом несколько снижается уровень усиления, зато происходит выигрыш в качестве работы усилителя.

Более совершенной температурной стабилизацией работы транзистора-усилителя обладает схема, показанная на рис. 174, *в*. Здесь напряжение смещения на базе фиксируется с помощью делителя напряжения, составленного из резисторов R_1 и R_2, а благодаря резистору $R_э$, включенному в цепь эмиттера, постоянная составляющая коллекторного тока остается неизменной. Эмиттерный резистор, как и катодный резистор электронной лампы, обычно шунтируется конденсатором большой емкости.

Сопротивление резистора смещения радиолюбители всегда подбирают опытным путем применительно к тому транзистору, который используется в усилителе, что на схемах помечается звездочкой возле этого резистора. Эта особенность учтена и в наших схемах.

И еще одна особенность транзисторных схем — отсутствие на резисторах черточек, характеризующих их мощность рассеяния. Объясняется это тем, что в транзисторных конструкциях могут использоваться любые маломощные резисторы, так как в их цепях текут малые токи.

Все элементы усилителя — радиолампа или транзистор, резисторы, конденсаторы и другие детали, которые могут входить в него, называют каскадом.

Разобранные нами усилители являются однокаскадными.

ДВУХКАСКАДНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ И ЕГО ЭЛЕМЕНТЫ

Чаще всего усилитель содержит несколько каскадов. В этом случае в схеме появляются новые элементы. Вот, например, схема на рис. 175. Это упрощенная схема двухкаскадного усилителя низкой частоты, в котором работают радиолампы. Упрощенная потому, что на ней, как, между прочим, и в предыдущих схемах, нет цепей нитей накала ламп, источников питания и некоторых других элементов, которые будут в практических схемах.

Левая часть схемы тебе уже знакома. А правая? Она аналогична левой. Разберем эту схему усилителя.

В первом каскаде работает лампа $Л_1$. Отрицательное напряжение смещения на ее сетке получается благодаря падению напряжения на катодном резисторе R_2. Конденсатор C_2, шунтируя резистор смещения R_2, создает на катодном участке цепи путь для переменной составляющей анодного тока лампы $Л_1$. Высокое положительное напряжение на анод этой лампы подается через нагрузочный резистор R_3.

Второй каскад усилителя отличается от первого только тем, что в анодную цепь его лампы включен громкоговоритель.

На вход усилителя подаются колебания низкой частоты. Их источником может быть, например, звукосниматель, микрофон, детекторный приемник. В результате работы первого каскада на анодной нагрузке R_2 его лампы выделяются усиленные колебания низкой частоты, которые через конденсатор C_2 попадают на вход второго каскада усилителя. Эти колебания дополнительно усиливаются лампой $Л_2$, а громкоговоритель — нагрузка этой лампы — преобразует их в звуки.

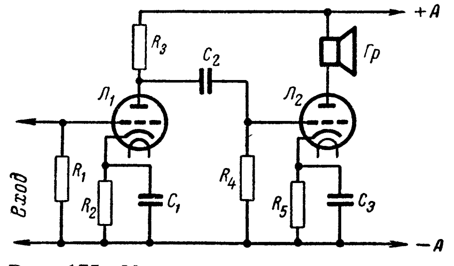


Рис. 175. Упрощенная схема двухкаскадного усилителя низкой частоты на электронных лампах.

Конденсатор C_2, связывающий каскады усилителя, называют разделительным или переходным. Его емкость должна быть такой, чтобы он хорошо пропускал всю полосу звуковых частот. Этому требованию отвечает конденсатор емкостью не менее 4 700 *пф*. Если емкость будет мала, конденсатор будет плохо пропускать колебания наиболее низких звуковых частот, срезать их — звук получится неестественным. Этот конденсатор должен быть непроводником постоянного тока. Если же он будет хотя бы немного проводить постоянный ток, то на сетку лампы $Л_2$ одновременно с усиленными колебаниями низкой частоты попадет и высокое положительное напряжение из анодной цепи предыдущей лампы. От этого анодный и сеточный токи лампы второго каскада резко увеличатся, появятся большие искажения звука. Поэтому качество переходного конденсатора должно быть очень хорошим. Наиболее подходящим для этой цели является слюдяной конденсатор.

Сопротивление анодного нагрузочного резистора R_2 определяется свойствами используемой лампы. Для ламп 1Б1П и 6Ж8, например, сопротивление его должно быть около 500 *ком*, а его мощность рассеяния 0,25—0,5 *вт*. Сопротивление сеточных резисторов R_2 и R_4, называемых также резисторами утечек сеток, может быть от 100 *ком* до нескольких мегом.

В усилителях, содержащих несколько каскадов, различают каскады предварительного усиления и оконечный, или выходной, каскад. Выходным является последний каскад усилителя, работающий на громкоговоритель, а предварительными — все остальные каскады, находящиеся перед выходным. В только что разобранной нами схеме ее первый каскад был каскадом предварительного усиления, второй — выходным.

Задача каскада предварительного усиления заключается в том, чтобы увеличить напряжение низкой частоты до величины, необходимой для работы лампы выходного каскада. От лампы же выходного каскада требуется повышение мощности колебаний звуковой частоты до величины, необходимой для работы громкоговорителя.

Для работы в выходных каскадах предназначены специальные радиолампы, которые так и называют: выходные. Это главным образом лучевые тетроды и пентоды. Если у ламп каскадов предварительного усиления анодный ток обычно не превышает нескольких миллиампер, а иногда и долей миллиампера, то у выходных ламп он достигает нескольких десятков или даже сотен миллиампер. Анодный ток у батарейных выходных ламп меньше, у сетевых — больше.

Чем больше анодное напряжение и анодный ток лампы выходного каскада, тем мощнее может быть подключаемый к нему громкоговоритель. Так, например, батарейный лучевой тетрод 2П1П, обладая сравнительно небольшим анодным током, развивает мощность звуковой частоты до 0,25 *вт*. Этой энергии достаточно для нормальной работы динамического громкоговорителя такой же мощности. Но этой энергии недостаточно, чтобы заставить громко звучать более мощный динамический громкоговоритель. Лучевой тетрод 6П3С развивает мощность около 5 *вт*. От такой лампы может работать один 5-ваттный или несколько менее мощных громкоговорителей.

Чтобы выходная лампа отдала громкоговорителю полную мощность, на ее управляющую сетку нужно подать достаточно большое напряжение низкой частоты. Бессмысленно, например, подводить к управляющей сетке такой мощной лампы, как 6П3С, напряжение от детекторного приемника. Хотя анодный ток этой лампы будет большим, но его низкочастотная составляющая будет слишком малой. Чтобы лампа 6П3С отдала большую мощность и заставила громкоговоритель громко звучать, на ее управляющую сетку нужно подать напряжение низкой частоты с амплитудой до 12—14 *в*. Детекторный же приемник развивает на своем «выходе» лишь доли вольта. Лампа 6П3С будет нормально работать от детекторного приемника только в том случае, если действующее на его выходе напряжение звуковой частоты будет предварительно усилено одним или двумя каскадами.

Отметим, что в выходных каскадах простых радиоприемников иногда используют лампы, предназначенные для предварительного

усиления. Они могут развить энергию, достаточную для работы электромагнитного или маломощного динамического громкоговорителя.

Многое из того, о чем мы сейчас рассказали, относится и к транзисторному усилителю.

Рассмотри внимательно схему на рис. 176. Это тоже двухкаскадный усилитель, но транзисторный. В первом его каскаде работает транзистор T_1, во втором — транзистор T_2. Первый каскад — каскад предварительного усиления, второй — выходной, а между ними — разделительный конденсатор C_2. Принцип работы любого из каскадов этого усилителя одинаков и аналогичен знакомому тебе принципу работы однокаскадного усилителя. Разница только в деталях: нагрузкой транзистора первого каскада служит резистор R_2, а нагрузкой транзистора выходного каскада — громкоговоритель; смещение на базу транзистора первого каскада подается через резистор R_1, соединенный с коллектором (как в схеме на рис. 174, *б*), а на базу транзистора второго каскада — через резистор R_3, соединенный с минусом питания усилителя (как в схеме на рис. 174, *а*). Оба каскада питаются от одной батареи *Б*. Режим работы транзисторов устанавливается также подбором сопротивлений резисторов R_2 и R_3, что обозначено на схемах звездочками.

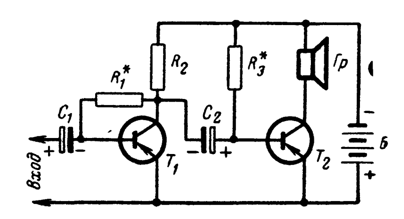


Рис. 176. Упрощенная схема двухкаскадного усилителя на транзисторах.

Сущность работы схемы заключается в следующем. Электрический сигнал, поданный на вход первого каскада и усиленный его транзистором T_1, с нагрузочного резистора R_2 через разделительный конденсатор C_2 поступает на вход второго каскада. Здесь он усиливается транзистором T_2 и преобразуется громкоговорителем в звук.

Каковы особенности элементов транзисторного усилителя? Если не учитывать разницы в физической сущности работы электронных и полупроводниковых приборов, этих особенностей всего две. Одна из них в выборе разделительного конденсатора C_2. Емкость такого конденсатора в ламповом усилителе не превышает обычно 0,01—0,025 *мкф*, в транзисторном же усилителе она должна быть не менее 5 *мкф*. Объясняется это малым входным сопротивлением транзистора и значительным по сравнению с электронной лампой током во входной цепи. Конденсатор связи C_2 оказывает переменному току емкостное сопротивление, которое будет тем меньшим, чем больше его емкость. И если оно окажется больше входного сопротивления транзистора, на нем будет падать бо́льшая часть напряжения переменного тока, чем на входном сопротивлении транзистора, отчего будет проигрыш в усилении. Емкостное сопротив-

ление конденсатора связи должно быть меньше входного сопротивления транзистора. Поэтому-то для связи между транзисторными каскадами и ставят конденсаторы больших емкостей. Здесь используют обычно малогабаритные электролитические конденсаторы с соблюдением полярности их включения: отрицательной обкладкой — к коллектору предыдущего каскада, положительной — к базе последующего каскада.

Вторая особенность аналогична первой — большая емкость на входе усилителя (C_1). Звукосниматель, например, может подключаться ко входу лампового усилителя без каких-либо переходных элементов. Ко входу же транзисторного усилителя он подключается только через конденсатор большой емкости. Здесь также используют электролитический конденсатор.

Вот, собственно, и все, что можно сказать о работе транзисторного усилителя и его особенностях.

Переходим к практическим схемам усилителей.

РАДИОГРАММОФОН

Можно было бы, конечно, начать с однокаскадного усилителя. Например, для детекторного приемника. Но вряд ли он тебя устроит без предварительного усиления — его выходная мощность будет недостаточной для громкого звучания динамика. Поэтому целесообразнее начать с двухкаскадного лампового усилителя, который можно использовать для громкого воспроизведения грамзаписи, а при надобности для детекторного приемника. Короче говоря, мы предлагаем тебе сделать радиограммофон. В дальнейшем его усилитель может быть легко превращен в приемник.

Радиограммофон представляет собой конструкцию, объединяющую усилитель низкой частоты с громкоговорителем, звукосниматель и электродвигатель для проигрывания грампластинок.

Принципиальная схема усилителя этого устройства показана на рис. 177. В каскаде предварительного усиления работает пентод 6Ж8, а в выходном каскаде — лучевой тетрод 6П6С. Колебания низкой частоты от звукоснимателя (электромагнитного или пьезоэлектрического) подаются на переменный резистор R_1, выполняющий роль регулятора громкости, а с него — в цепь управляющей сетки первой лампы. Усиленные колебания снимаются с анодной нагрузки R_3 и подводятся через разделительный конденсатор C_4 к лампе второго каскада. Громкоговоритель *Гр*, включенный через выходной трансформатор *Тр* в анодную цепь этой лампы, преобразует мощные колебания низкой частоты в звук.

Усилитель питается от однополупериодного выпрямителя. Но выпрямитель может быть собран по любой из знакомых тебе схем. Важно лишь, чтобы блок питания давал 220—250 *в* выпрямленного напряжения для питания цепей анодов и экранирующих сеток ламп

и 6,3 *в* переменного напряжения для накала ламп. При таком анодном напряжении выходной каскад развивает мощность тока звуковой частоты около 3 *вт*.

Назначение многих других деталей схемы тебе знакомо. Так, например, тебе понятно, что резисторы R_2 и R_6 и шунтирующие их конденсаторы C_1 и C_6 служат для автоматической подачи на сетки ламп отрицательных напряжений смещения через соответствующие им резисторы R_1 и R_5. Переменный резистор R_1 в данном случае является одновременно регулятором громкости: по мере перемещения движка вверх (по схеме) громкость возрастает, а если перемещать его вниз, громкость будет падать. Поскольку в первом кас-

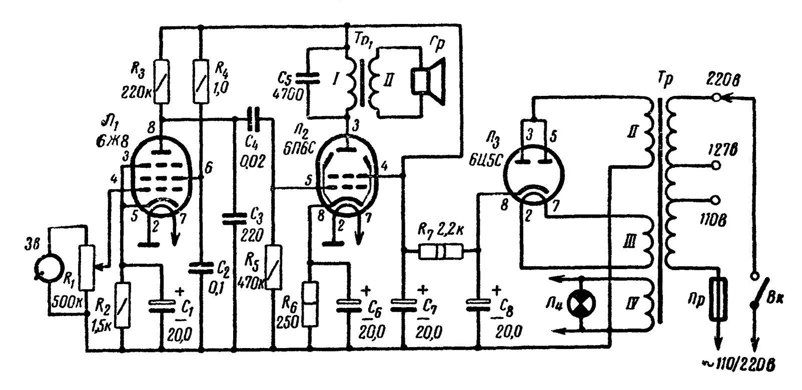


Рис. 177. Принципиальная схема усилителя низкой частоты

каде используется пентод, надо, значит, подать на его экранирующую сетку постоянное напряжение, но более низкое, чем на анод. Эту задачу выполняет резистор R_4. Конденсатор C_2 отводит на катод лампы (через C_1) колебания низкой частоты, создающиеся в цепи экранирующей сетки, минуя общую цепь выпрямителя. Резистор R_7 (вместо него можно взять дроссель низкой частоты) и электролитические конденсаторы C_7 и C_8 (на рабочее напряжение 450 *в*) образуют сглаживающий фильтр выпрямителя.

Новое для тебя — конденсатор C_3 и способ начертания цепей нитей накала ламп. Задача конденсатора C_3 — шунтировать анодную цепь лампы первого каскада по наивысшим звуковым частотам, т. е. отводить на общий минус колебания этих частот. Если его в схеме не будет, усилитель может возбудиться — появится неприятный свист. Этот конденсатор по существу выполняет ту же роль, что и конденсатор C_5, шунтирующий первичную обмотку выходного трансформатора.

Ты можешь возразить: как это так — вывод конденсатора, противоположный аноду, соединен не с общим минусом, как у конденсатора C_2, а с положительным проводником выпрямителя. Пра-

вильно. Но это сути дела не меняет: путь для наивысших звуковых частот анодной цепи выходной лампы открыт через конденсатор C_7.

Что же касается приема начертания цепей накала ламп, то так делают исключительно для упрощения схемы. Ведь один из выводов обмотки накала ламп в большинстве случаев соединяют с общим минусом выпрямителя, проводником которого может быть металлическое шасси. А поскольку с этим проводником должен соединяться один из выводов нити накала (в нашей схеме — вывод *2*), мы можем это соединение обозначить условным знаком, символизирующим шасси. Так сделано и в нашей схеме. Понятно, что второй вывод обмотки накала ламп должен соединяться с выводами *7* нитей накала ламп. Но если эти соединения показывать линиями, зрительное восприятие схемы усложнится. Поэтому для упрощения чтения схемы эти соединения условно обозначают стрелками. И впредь мы будем делать именно так, как принято в технической литературе.

А теперь — за дело.

Шасси сделай из листа стали или алюминия толщиной 1,5—2 *мм* по предварительно вырезанной из картона выкройке. Углы загни, чтобы увеличить жесткость конструкции. В передней стенке шасси, кроме отверстия для переменного резистора, просверли еще два-три отверстия для крепления усилителя к горизонтальной доске ящика, на которой разместятся остальные части радиограммофона. Примерные размеры шасси: длина 200, ширина 80 и высота 40 *мм*.

Самая громоздкая деталь усилителя — трансформатор питания. Он то и определяет ширину горизонтальной панели шасси. Можно применить малогабаритный трансформатор, например от приемников «Москвич», «Рекорд», «АРЗ», или сделать его самому, используя сердечник сечением 7—8 *см*^{2}.

В радиограммофоне можно использовать громкоговоритель мощностью 1—2 *ва*, желательно с эллиптическим диффузором (например, 1ГД-9, 1ГД-18, 2ГД-8): он займет меньше места.

Выходной трансформатор $Тр_1$ должен быть рассчитан на лампу 6П6С. Крепится он около громкоговорителя или на его корпусе. Переменный резистор R_1 должен быть с выключателем, который используется для включения первичной обмотки трансформатора питания в сеть. Сопротивления резисторов и емкости конденсаторов указаны на принципиальной схеме усилителя.

Детали на шасси располагай примерно так, как показано на рис. 178. Металл шасси используется как общий проводник накальных, анодных и экранных цепей усилителя; с ним соединены повышающая обмотка и обмотка накала ламп.

Для осуществления контактов с шасси, крепя детали, подложи под гайки некоторых болтиков жестяные лепестки. К ним будешь припаивать выводы конденсаторов, резисторов и проводники, которые должны соединяться с общим минусом выпрямителя. Звукосниматель соединяется с усилителем экранированным проводом. Его металлическая оболочка соединяется с шасси.

Радиограммофон в готовом виде изображен на рис. 179. Усилитель прикреплен болтиками к горизонтальной деревянной панели снизу; наружу выходят ручка переменного резистора с выключателем и сетевой провод. Неподалеку от ручки этого резистора виден «глазок» сигнальной лампочки $Л_4$. Над лампами усилителя в панели просверлено несколько вентиляционных отверстий. С другой сто-

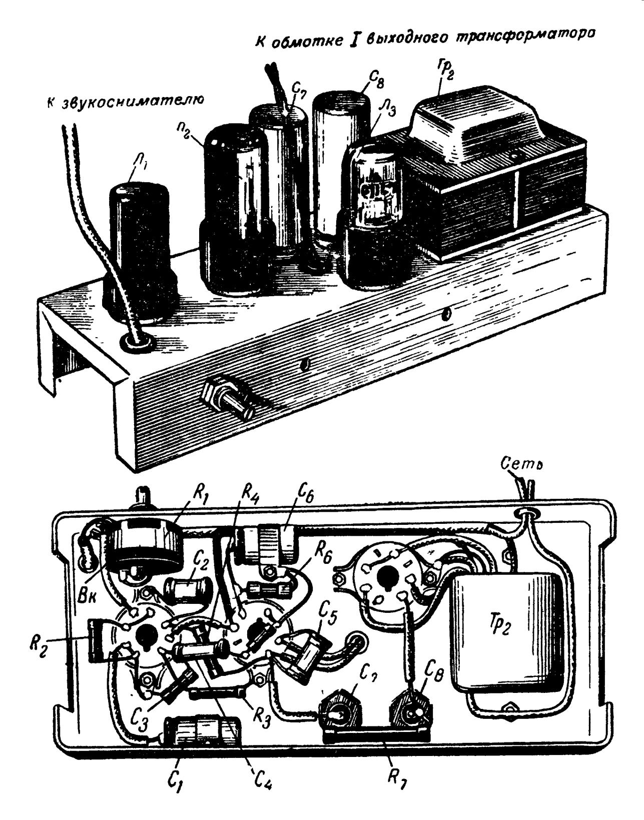


Рис. 178. Общий вид и монтаж усилителя.

роны панели находятся звукосниматель и выключатель электродвигателя. Под звукоснимателем укреплен громкоговоритель магнитной головкой вниз. На рисунке видны только сквозные пропилы, через которые проходят звуковые волны.

Вентиляционные отверстия и отверстие громкоговорителя снизу затянуты тонкой материей, чтобы через них внутрь конструкции не попадала пыль.

Размеры чемодана радиограммофона зависят от габаритов усилителя, электродвигателя и громкоговорителя. Поэтому надо сначала приобрести электродвигатель, звукосниматель и громкоговори-

тель, смонтировать и наладить усилитель, а затем с учетом их размеров выпилить панель. От размеров панели и укрепленных на ней деталей будут зависеть внутренние размеры чемодана.

Рекомендуем приобрести двухскоростной электродвигатель (на 76 и 33,5 оборота в минуту) и универсальный звукосниматель, чтобы можно было проигрывать как обычные, так и долгоиграющие грампластинки.

Крепежные болты электродвигателя должны держаться не непосредственно в отверстиях, просверленных в панели, а в амортизаторах — втулочках из эластичной резины, вставленных в эти отверстия, либо на резиновых прокладках. Звукосниматель надо крепить так, чтобы кончик иглы приходился точно в центре диска электродвигателя.

Рис. 179. Общий вид радиограммофона.

Под звукоснимателем должен быть какой-либо упор с зажимом для тонарма, иначе звукосниматель при переноске радиограммофона может поломаться.

Чемодан и горизонтальную панель лучше всего сделать из фанеры толщиной 10—12 *мм*. Боковые стенки соединяй при помощи шипов на клею. С внутренней стороны в углах приклей трехгранные бобышки, к которым крепится горизонтальная панель.

Чемодан советуем делать так. Склей шестистенный ящик, внутри которого может уместиться весь механизм радиограммофона. Учти высоту звукоснимателя, поставленного на грампластинку. Хорошенько просуши ящик, а затем аккуратно отпили крышку лучковой мелкозубой пилой. Останется только зачистить шкуркой места пропила и навесить крышку — она будет плотно закрывать чемодан.

Внутренние поверхности крышки и горизонтальную панель зачисть шкуркой, протрави морилкой и покрой лаком, а наружные стороны оклей дерматином или плотной темной материей, предварительно закруглив слегка углы, чтобы они не обивались.

Но, разумеется, прежде чем вмонтировать усилитель в чемоданчик, надо тщательно проверить его, испытать, устранить дефекты и наладить. Этим вопросам мы посвятим специальную беседу. Сейчас же ограничимся лишь несколькими практическими советами.

Прежде всего — о лампах. В усилителе лампу 6Ж8 можно заменить лампой 6Ж7, 6Ж1П или 6Ж3П, а 6П6С — лампой 6Ф6С, 6П1П или 6П14П. Для лампы 6Ф6С сопротивление резистора смещения R_6 должно быть 390 *ом*, для лампы 6П1П — 220 *ом*, для лампы 6П14П— 110 *ом*.

При использовании в усилителе пальчиковых ламп, а в выпрямителе полупроводниковых плоскостных диодов (вместо кенотрона) конструкция радиограммофона может стать компактнее.

Если у тебя дома есть электропроигрыватель — устройство для проигрывания грампластинок, состоящее из электродвигателя и звукоснимателя, или патефон, мембрана которого может быть заменена головкой звукоснимателя, усилитель с громкоговорителем могут быть смонтированы в ящичке или футляре иной конструкции, напоминающей приемник или ящичек абонентского громкоговорителя. В этом случае надобность в экранированном проводе, идущем к звукоснимателю, отпадает, а для включения звукоснимателя надо предусмотреть гнезда, расположив их возможно ближе к входному резистору R_1 и лампе первого каскада.

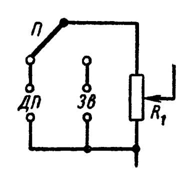


Рис. 180. Схема входной части усилителя для подключения к нему детекторного приемника и звукоснимателя.

Этот усилитель, как мы уже говорили, может быть усилителем для детекторного приемника. Если твой усилитель будет иметь гнезда для включения звукоснимателя, то этот вопрос решится очень просто — путем соединения выходных гнезд детекторного приемника с гнездами, предназначенными для включения звукоснимателя. В этом случае роль нагрузки детекторной цепи приемника будет выполнять уже не телефон, а резистор R_1 усилителя. Это соединение желательно сделать экранированным проводом, иначе может появиться фон переменного тока.

Усилитель может иметь две пары входных гнезд — для подключения к нему звукоснимателя и детекторного приемника. В этом случае должна несколько измениться и схема входной части усилителя, так, как показано на рис. 180. Здесь гнезда *ДП* предназначены для детекторного приемника, а гнезда *Зв* — для звукоснимателя. Приемник или звукосниматель подключается к усилителю с помощью переключателя *П*.

Чтобы не усложнить усилитель, мы не ввели в него регулятор тембра, позволяющий изменять «окраску» звука. Подобрать желательный тембр звука можно увеличением емкости конденсатора C_3, шунтирующего анодную цепь лампы первого каскада, до 560—680 *пф*. Чем больше емкость этого конденсатора, тем глуше звук. Однако при желании можно ввести дополнительный регулятор, с помощью которого можно по желанию делать звучание громкоговорителя более глухим или более звонким.

На рис. 181 приведены две схемы регулировки тембра звука. В обеих схемах регулятор тембра образуется конденсатором $C_т$ и переменным резистором $R_т$. В схеме *а* эта цепь включена параллельно анодной цепи лампы каскада предварительного усиления, а в схеме *б* — параллельно первичной обмотке выходного трансформатора. Она может быть включена также между анодом выходной лампы и минусом анодного напряжения. В обоих случаях результат

будет примерно одинаковый: чем меньше сопротивление резистора $R_т$ включается в цепь, тем больше будут ослабляться верхние звуковые частоты, тем глуше будет звук.

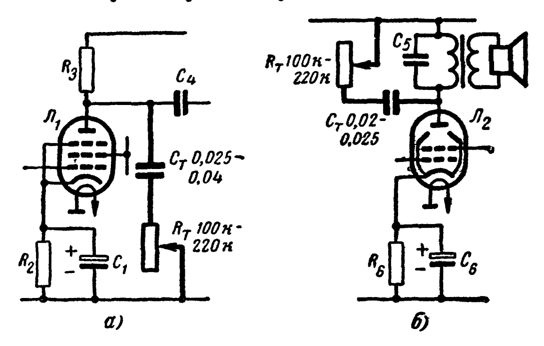


Рис. 181. Схемы цепей регулирования тембра звука.

Цепь плавной регулировки тембра звука может быть включена в схему после того, как усилитель будет испытан и налажен.

ДВУХКАСКАДНЫЙ ТРАНЗИСТОРНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ

Принципиальная схема этого усилителя (рис. 182) — повторение схемы на рис. 176. Только на ней указаны данные деталей и введены три дополнительных элемента: R_1, C_3 и *Вк*. Резистор R_1 — нагрузка источника колебаний низкой частоты (детекторного приемника или звукоснимателя); C_3 — конденсатор, шунтирующий громкоговоритель по наивысшим звуковым частотам; *Вк* — выключатель питания.

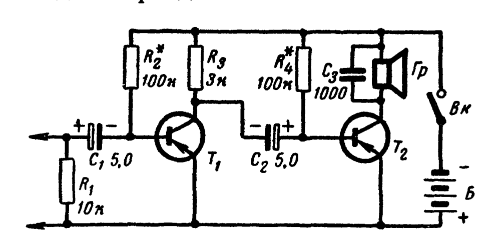


Рис. 182. Принципиальная схема двухкаскадного усилителя низкой частоты.

Как в первом, так и во втором каскадах могут работать транзисторы П13А или П14 с коэффициентом усиления β-30 и больше. В каскад предварительного усиления надо поставить тот транзистор, который имеет более высокое значение β. Громкоговоритель — электромагнитный типа «Рекорд», абонентский с согласующим трансформатором или капсуль ДЭМ-4. Вместо громкоговорителя в коллекторную цепь выходного транзистора можно также включить головной телефон. Для питания усилителя потребуется всего одна батарейка для карманного фонарика.

Усилитель, собранный по этой схеме, несравненно проще и экономичнее лампового усилителя. Но он уступает ламповому и по усилению, и по выходной мощности. В связи с этим практическое использование его в таком виде весьма ограничено. Зато он незаменим в походных приемниках, где сетевой усилитель вообще не годится.

Вот с такой точки зрения — как первую пробу сил, как освоение транзисторной техники и надо оценивать этот усилитель.

Мы предлагаем тебе собирать этот усилитель не в ящичке, а на экспериментальной панели в виде развернутой схемы, чтобы всесторонне изучить его и научиться налаживать его. Заодно ты

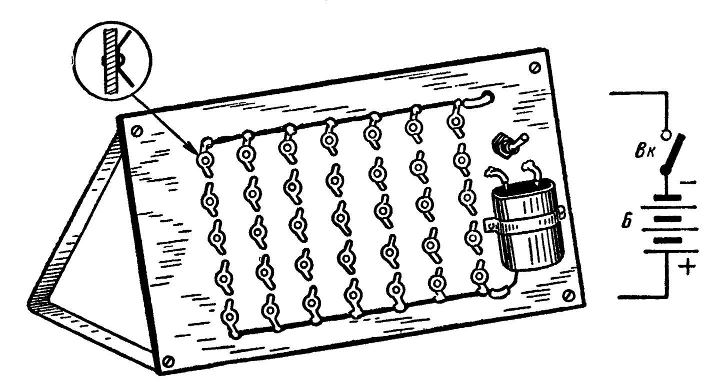


Рис. 183. Экспериментальная панель для транзисторных конструкций.

испробуешь на нем самодельный громкоговоритель. А монтажная панель, которую ты сейчас сделаешь, и детали усилителя тебе еще потребуются.

Устройство монтажной панели (рис. 183) несложно. Саму панель желательно выпилить из листового текстолита толщиной 2—3 *мм*, а в крайнем случае из фанеры. Ее примерные размеры: высота 150 и ширина 200 *мм*. На ней с помощью заклепок или мелких болтиков крепи ровными рядами три-четыре десятка контактных лепестков, вырезанных из латуни или жести. Но перед этим залуди их, чтобы к ним легко припаивались детали. Расстояние между ними должно быть около 20 *мм*. Верхний и нижний ряды соедини голым монтажным проводом. Это будут проводники отрицательного (верхний) и положительного полюсов источника тока. А батарею и выключатель (тумблер) смонтируй справа, как на принципиальной схеме. Сзади к панели прикрепи стойки из полосок металла так, чтобы панель устойчиво стояла в наклонном положении.

В дальнейшем, когда займешься транзисторными приемниками, в верхней свободной части панели будет крепиться ферритовая антенна, а слева — конденсатор настройки и кое-какие другие де-

тали. Но об этом немного позже. Сейчас же смонтируй на панели только первый каскад усилителя, как показано на рис. 184. Выводы транзистора осторожно разведи и припаяй к контактным лепесткам второго или третьего вертикального ряда. От базы вверх, к минусовому проводнику, пойдет резистор смещения R_2, влево — электролитический конденсатор C_1, а от отрицательной обкладки этого конденсатора к плюсовому проводнику — входной резистор R_1. В коллекторную цепь транзистора (вместо резистора R_3) включи электромагнитный телефон. Если ко входу усилителя подключить звукосниматель и проигрывать грампластинку или соединить вход усилителя с выходными гнездами детекторного приемника, настроив его, разумеется, на радиостанцию, в телефоне будет слышен довольно громкий звук.

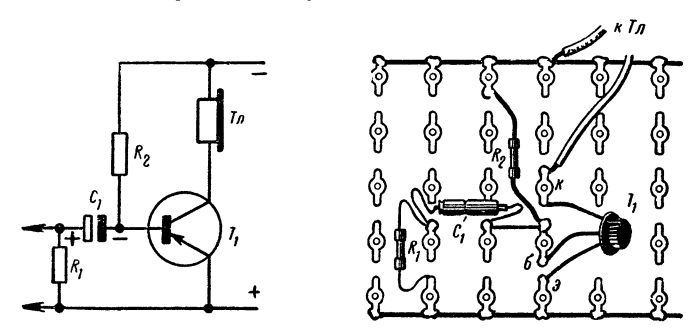


Рис. 184. Первый каскад усилителя, смонтированный на экспериментальной панели.

А теперь начинай экспериментировать. Прежде всего попробуй изменять режим работы транзистора, добиваясь наибольшей громкости. Для этого резистор смещения R_2 составь из двух резисторов — постоянного сопротивлением 75—82 *ком* и переменного сопротивлением 300—470 *ком*. Переменным резистором ты будешь изменять общее сопротивление этой цепочки резисторов, регулируя тем самым режим работы транзистора. Постоянный резистор сопротивлением 75—82 *ком* нужен для того, чтобы избежать попадания на базу полного отрицательного напряжения батареи, отчего транзистор может испортиться. Опытным путем подбери такое сопротивление этой цепочки, чтобы уменьшение ее сопротивления не сказывалось на нарастании громкости. Затем выключи питание усилителя, отпаяй один из концов цепочки и замерь омметром ее сопротивление. Именно такое сопротивление резистора и должно быть включено между отрицательным проводником питания усилителя и базой транзистора.

Попробуй проделать то же самое, подключив верхний конец резистора смещения к коллектору (так, как на схеме на рис. 174, *б*). Сравни результаты. Подключи параллельно телефону конденсатор

емкостью 1—3 тыс. *пф* (на рис. 185 он показан пунктиром). Не исключено, что качество звука от этого несколько улучшится.

Испытай в этом усилителе другие имеющиеся у тебя транзисторы, подбирая для каждого из них наилучший режим работы, а результаты записывай.

Когда закончишь экспериментировать с этим каскадом, добавь к нему второй — выходной — каскад. В цепь коллектора первого транзистора включи нагрузочный резистор R_3, а в цепь коллектора второго транзистора — телефон или громкоговоритель. Словом, смонтируй усилитель по схеме на рис. 182. И снова начни эксперименты.

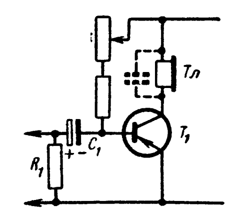


Рис. 185. Подбор режима транзистора с помощью переменного резистора.

Проверив, все ли правильно смонтировано, включи питание. Теперь усилитель должен работать громче. Но, возможно, когда будут подобраны наивыгоднейшие напряжения смещения, он станет работать еще лучше.

Сначала займись вторым каскадом. Резистор R_4 замени постоянным 10—12 *ком* и переменным 25—50 *ком*, включив их последовательно. Подобрав наивыгоднейшее сопротивление этой цепочки резисторов, замени ее одним резистором такого же сопротивления. Затем отладь первый каскад, повторив все то, что ты делал с ним, когда усилитель был однокаскадным. Здесь, кроме того, можно в небольших пределах изменять сопротивление нагрузочного резистора R_3, что, возможно, повысит эффективность отдачи усилителя.

Добившись наилучшего результата, испробуй работу усилителя на разные громкоговорители. Это позволит тебе оценить возможности простейшего транзисторного усилителя.

* * *

Усилители, о которых шел разговор в этой беседе, будут в таком или несколько измененном виде использованы во многих других конструкциях. Но тогда, памятуя, что ты их знаешь, мы не будем так подробно, как в этой беседе, рассказывать о них.

O

ОТ УСИЛИТЕЛЯ К ПРИЕМНИКУ

Первый шаг — от усилителя к приемнику — ты уже сделал. Когда? — спросишь ты. В предыдущей беседе.

Напомним. Тогда мы предложили тебе собрать усилитель. Неважно, каким он был — однокаскадным или двухкаскадным, на шасси или в виде летучей схемы. Испытывая этот усилитель, ты подключал его к детекторному приемнику. Таким образом, ты, сам того не подозревая, превращал усилитель в приемник. В том приемнике роль детектора, преобразующего модулированные колебания высокой частоты в колебания низкой частоты, выполнял полупроводниковый точечный диод. Но эту роль может выполнять и лампа или транзистор первого каскада усилителя, если поставить их в соответствующий режим работы.

СЕТОЧНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

Схема включения лампы, выполняющей одновременно роль детектора и усилителя низкой частоты, показана на рис. 186. Левая часть ее — хорошо знакомый тебе детекторный приемник без головного телефона.

Правая часть схемы — одноламповый усилитель без автоматического смещения. Источником питания анодной цепи служит батарея, но им может быть и выпрямитель. Анодной нагрузкой служит телефон, заблокированный конденсатором $C_{бл}$.

Колебательный контур соединен с управляющей сеткой лампы через конденсатор $C_с$, называемый в данном случае с е т о ч н ы м.

Сначала посмотрим, как будет работать схема, если исключить из нее резистор цепи сетки $R_с$, как это сделано на рис. 187.

Если на управляющую сетку лампы не подается с контура переменное напряжение, в анодной цепи лампы течет ток постоянной величины (на графиках — участки *0a*). При первом же положительном полупериоде на управляющей сетке анодный ток лампы увеличится. Но вместе с тем некоторое количество электронов неизбежно будет притянуто положительно заряженной сеткой и осядет на ней. Эти электроны «стечь» с сетки на катод не смогут, так как путь для них прегражден конденсатором $C_с$. Поэтому на сетке, а также на правой обкладке конденсатора $C_с$ появится отрицатель-

ный заряд — сетка получит по отношению к катоду отрицательное напряжение.

При отрицательном полупериоде переменного напряжения на сетке анодный ток лампы уменьшится. Во время следующих положительных полупериодов на сетке будут оседать новые порции электронов. Вследствие этого отрицательный заряд на сетке будет постепенно увеличиваться, а анодный ток лампы — уменьшаться. Наконец, сетка накопит настолько большой отрицательный заряд, что анодный ток упадет до нуля — лампа окажется «запертой». Это явление на рис. 187 иллюстрируется графиком анодного тока.

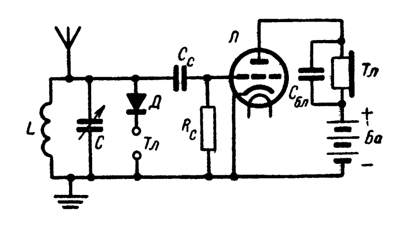


Рис. 186. Схема простейшего одноламповоro приемника.

Иное дело будет, если в цепь сетки включен резистор R_c (как на рис. 186). Теперь электроны, оседающие на сетке при положительных периодах, будут «стекать» с нее на катод через этот резистор. Если сопротивление резистора R_c достаточно большое, то сетка не будет поспевать полностью разряжаться при отрицательных полупериодах, в результате чего на ней относительно катода получится небольшое отрицательное напряжение смещения.

Рис. 187. Если в цепи сетки не будет резистора, сетка зарядится отрицательно и этим «запрет» лампу.

При модулированных колебаниях смещение все время изменяется, так как изменяется ток в цепи сетки; при увеличении амплитуд колебаний в контуре напряжение и ток сетки возрастают, а анодный ток от этого уменьшается; при уменьшении же амплитуд напряжение и ток сетки уменьшаются, а анодный ток возрастает. Поскольку амплитуды колебаний в контуре изменяются с частотой модуляции, с такой же частотой изменяются отрицательное напряжение на сетке и анодный ток лампы.

На рис. 188 приведены графики, поясняющие действие конденсатора и резистора в цепи управляющей сетки. График *а* показывает, что если бы в цепи сетки не было конденсатора C_c и резистора R_c, то анодный ток лампы колебался бы около своего среднего значения в такт с изменениями напряжения на сетке. В этом случае

лампа работала бы как усилитель высокой частоты. График *б* показывает, как изменяется анодный ток лампы, когда в цепь сетки включены конденсатор и резистор. В этом случае колебания анодного тока «уходят вниз» под линию его среднего значения.

Постоянный ток, как тебе известно, создать в телефоне звука не может. Звук в телефоне вызывают только изменения его колебаний с низкой частотой. Пропуская анодный ток лампы через телефон, параллельно которому включен блокировочный конденсатор, он будет отзываться не на каждый высокочастотный импульс, а на серию их, образующую большую «впадину» (график *в*). Каждая такая «впадина» в анодном токе будет восприниматься мембраной телефона как толчок. Мембрана будет колебаться с частотой следования этих «впадин» в анодном токе, т. е. с частотой модуляции тока высокой частоты радиостанции.

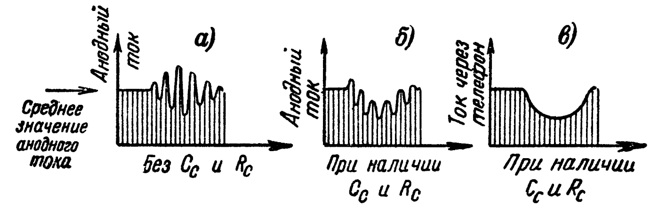


Рис. 188. Графики, поясняющие действие конденсатора и резистора в цепи управляющей сетки.

Таким образом, при наличии в цепи управляющей сетки лампы конденсатора и резистора лампа становится детектором и одновременно усилителем колебаний низкой частоты. Детектирование происходит в цепи сетки, поэтому его и называют **сеточным детектированием**.

Процесс сеточного детектирования можно объяснить еще следующим образом. Сетка и катод лампы образуют диод, на который с контура подаются модулированные колебания высокой частоты. В цепи диода, в том числе и на его нагрузке, которой является резистор R_c, возникает ток одного направления, колеблющийся со звуковой частотой. Лампа усиливает колебания этого тока.

Условия работы лампы как сеточного детектора определяются емкостью конденсатора и сопротивлением резистора в цепи сетки. Емкость конденсатора может быть в пределах от 100 до 300 *пф*, а сопротивление резистора — от 470 *ком* до 2 *Мом*. Наилучшее сочетание величин этих деталей обычно подбирают опытным путем во время налаживания приемника.

Резистор цепи сетки, именуемый также резистором утечки сетки, может быть включен не только между сеткой и катодом, но и параллельно сеточному конденсатору. В этом случае электроны стекают на катод не кратчайшим путем — через резистор, а более длинным путем — через резистор и контурную катушку. На практике чаще применяют первое включение сеточного резистора.

СОСТАВЛЯЮЩИЕ АНОДНОГО ТОКА И ИХ ПУТИ

Взгляни еще раз на график на рис. 188, *б*, иллюстрирующий изменение анодного тока лампы, работающей в режиме сеточного детектора. Этот ток постоянен по направлению, но пульсирует. Он состоит из постоянной, низкочастотной и высокочастотной составляющих.

Телефон и блокировочный конденсатор, включенные в анодную цепь, ведут себя по отношению к составляющим анодного тока по-разному. Постоянную составляющую телефон пропускает свободно. Для высокочастотной составляющей индуктивное сопротивление его катушек очень велико. Поэтому через телефон высокочастотной составляющей пройти очень трудно, составляющая же

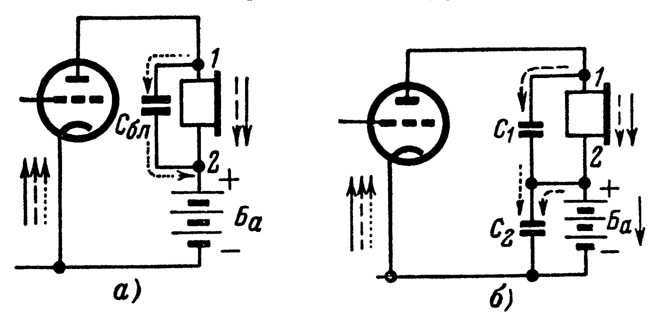


Рис. 189. Пути составляющих анодного тока лампы (сплошная стрелка обозначает постоянную составляющую, прерывистая — низкочастотную составляющую, пунктирная — высокочастотную составляющую).

низкой частоты проходит через телефон более свободно. Блокировочный конденсатор не пропускает постоянную составляющую и оказывает очень большое сопротивление низкочастотной составляющей, но через него свободно проходит высокочастотная составляющая. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока идет через блокировочный конденсатор, а постоянная и низкочастотная составляющие — через телефон (рис. 189, *а*). В остальной части анодной цепи все составляющие ее тока идут вместе.

Будет ли приемник работать без конденсатора, блокирующего телефон?

Да, будет. В этом случае высокочастотная составляющая будет «просачиваться» через емкости между витками катушек телефона и соединительными проводниками, что ухудшит условия работы приемника.

В схеме на рис. 189, *а* высокочастотная и низкочастотная составляющие проходят через анодную батарею (или выпрямитель). Батарея оказывает этим переменным составляющим некоторое сопротивление, которое возрастает по мере разряда батареи. Желательно, чтобы эти составляющие проходили минуя батарею. Для

этого в батарейных приемниках параллельно анодной батарее тоже включают блокировочный конденсатор, как в схеме, показанной на рис. 189, *б*. Здесь конденсатор C_1 служит для пропускания высокочастотной составляющей в обход телефона, а конденсатор C_2 — для пропускания мимо батареи низкочастотной и высокочастотной составляющих. Через анодную батарею проходит только постоянная составляющая.

Емкость конденсатора, блокирующего телефон, может быть от 1 000 до 4 700 *пф*. Увеличение ее приведет к тому, что через конденсатор начнут проходить наиболее высокие звуковые колебания, отчего приемник начнет «басить».

Блокировочный конденсатор анодной батареи должен иметь такую емкость, чтобы для самых низких звуковых частот его сопротивление было меньше, чем сопротивление батареи. Практически этот конденсатор должен иметь емкость не менее 0,5 *мкф*.

А как блокируется выпрямитель приемника с питанием от сети? Там эту роль выполняет выходной конденсатор фильтра, сглаживающего пульсации выпрямленного тока.

ПРОСТЕЙШИЙ РАДИОПРИЕМНИК

Для простоты объяснения работы однолампового радиоприемника мы рассмотрели схему с трехэлектродной лампой. Если же использовать пентод, приемник даст лучший результат. Принципиальная схема такого приемника с питанием от батарей приведена на рис. 190. В нем работает пентодная часть лампы 1Б1П или 1Б2П. Положительное напряжение на ее экранирующую сетку подается через резистор R_2. Цепь этой сетки заблокирована по переменной составляющей конденсатором C_5.

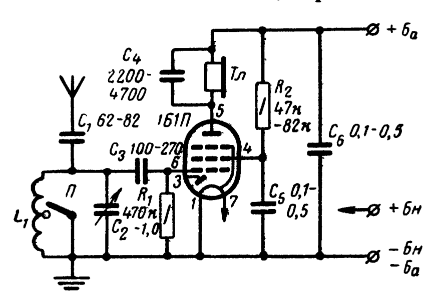


Рис. 190. Принципиальная схема простейшего батарейного приемника.

Емкость антенного конденсатора может быть в пределах от 62 до 100 *пф*, сеточного конденсатора C_3 — от 100 до 270 *пф*, конденсатора C_4, блокирующего телефон, — 2 200 до 4 700 *пф*, а конденсатора C_6, блокирующего анодную батарею $Б_а$, — от 0,1 до 0,5 *мкф*. Сопротивление резистора утечки сетки может быть от 470 *ком* до 1 *Мом*.

Данных колебательного контура L_1C_2 мы не указываем, так как здесь может быть использован контур любого детекторного приемника, в том числе с секционированной катушкой или постоянной настройкой.

Монтаж ламповой панельки приводим на рис. 191. Конструкции самого приемника мы не даем, предоставляя тебе самостоятельно

решить вопрос, какой она будет. Можно, например, смонтировать лампу на панели детекторного приемника, сделать новый приемник или смонтировать его в виде «летучей» схемы, используя имеющиеся детали, —все зависит от твоей смекалки.

Для питания цепей анода и экранирующей сетки лампы подойдет любая анодная батарея, а для питания нити накала — один элемент. Кроме лампы 1Б1П, в приемнике можно также использовать лампы 1К1П, 1К2П, 2К2М, изменив монтаж согласно цоколевке этих ламп.

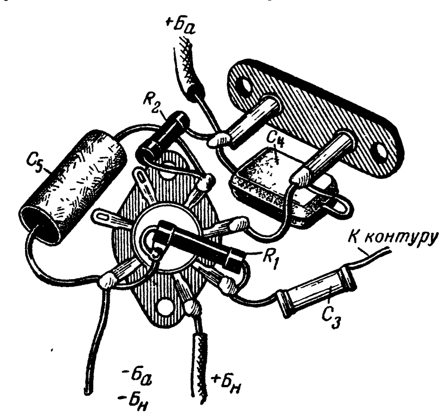


Рис. 191. Монтаж панельки лампы простейшего батарейного радиоприемника.

Принципиальная схема такого же приемника, но рассчитанного на питание от сети, приведена на рис. 192. Она, как видишь, аналогична схеме батарейного приемника. Даже данные конденсаторов и резисторов здесь те же, что и в приемнике с питанием от батарей.

В приемнике может быть использована любая из следующих ламп: 6Ж8, 6Ж7, 6К3, 6К7, 6Ж2П или пентодная часть лампы 6Б8С. На схеме указана нумерация выводов лампы 6Ж8. Монтаж панельки при использовании этой лампы дан на рис. 193.

Рис. 192. Принципиальная схема простейшего приемника с питанием от сети.

Приемник можно питать от любого выпрямителя, дающего постоянное напряжение 200—250 *в* и переменное 6,3 *в*. Он подключается к соответствующим зажимам приемника.

Коротко об испытании приемника. Прежде чем подключить к приемнику источники питания (батареи или выпрямитель), проверь по принципиальной схеме правильность всех соединений, убедись в их прочности. Включив источники питания, услышишь в телефоне слабый шум. Если коснуться вывода управляющей сетки отверткой, взятой в руку, услышишь в телефоне гул, свидетельствующий об исправной работе лампы. После этого можно подключить к приемнику антенну и заземление и настраивать его на радиостанции.

А теперь сравни ламповую часть схемы простейшего сетевого приемника со схемой первого каскада сетевого усилителя (см. рис. 177). Принципиально они одинаковы. Разница только в нагрузках ламп (здесь — телефон, заблокированный конденсатором, там — резистор) и элементах катодной и сеточной цепей (здесь катод соединен с общим минусом напрямую, в цепи сетки — постоянный резистор, там в цепь катода включена ячейка автоматического смещения, а в цепь сетки — переменный резистор).

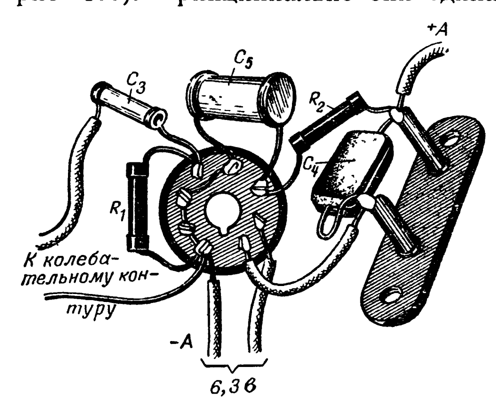


Рис. 193. Монтаж панельки лампы простейшего радиоприемника с питанием от сети.

Как превратить первый каскад усилителя низкой частоты в сеточный детектор? Этот вопрос уже не к нам, а к тебе. Подумай и попробуй. Обязательно учти следующее: при работе этого каскада в качестве сеточного детектора и предварительного усиления частоты на управляющую сетку лампы не должно подаваться постоянное отрицательное напряжение смещения.

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Простейший приемник, даже если он содержит усилитель низкой частоты, дает возможность принимать лишь радиостанции, находящиеся от него в радиусе 500—800 *км*. Для приема более удаленных станций чувствительность его недостаточна. Повысить чувствительность можно путем введения в сеточный детектор о б р а т н о й с в я з и.

Допустим, что мы сделали простейший ламповый приемник по рис. 194 (для упрощения схемы на ней не показана цепь накала и вместо пентода изображен триод), используя в нем колебательный контур детекторного приемника с большой катушкой. В анодную цепь лампы, между анодом и телефоном, мы включим катушку поменьше, чтобы она могла поместиться внутри каркаса контурной катушки.

Настроившись на какую-либо радиостанцию, приблизим новую катушку к катушке колебательного контура $L_к$. При этом слышимость передачи в телефоне возрастет или уменьшится. Если громкость уменьшится, перевернем анодную катушку и снова поднесем ее к контурной катушке, но уже другой стороной. Чем больше

будешь сближать катушки, тем громче будет слышна передача. Если же анодную катушку ввести внутрь катушки контура, то в телефоне появится свист, искажающий звук.

Включив в анодную цепь лампы катушку, мы получили приемник с обратной связью, позволяющий слушать передачи многих отдаленных радиовещательных станций.

В чем сущность этого явления?

Анодный ток лампы, работающей в режиме сеточного детектирования, как ты уже знаешь, содержит высокочастотную составляющую. Тебе также известно, что вокруг проводника с переменным током всегда возбуждается переменное магнитное поле. Значит, вокруг катушки, включенной в анодную цепь, тоже имеется переменное магнитное поле, изменяющееся с частотой колебаний в контуре. Сближая катушки, мы заставляем переменное магнитное поле высокой частоты анодной катушки возбуждать в катушке контура колебания высокой частоты. Другими словами, сближая катушки, мы часть энергии из анодной цепи лампы передаем в колебательный контур. Чем ближе находятся друг к другу катушки, тем больше этой дополнительной энергии поступает из анодной цепи в контур.

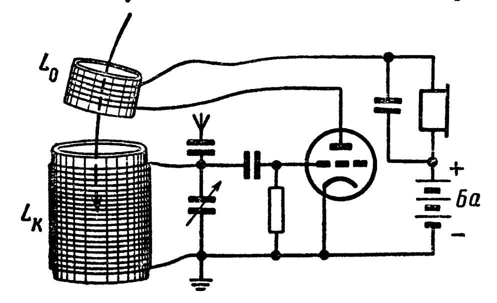


Рис. 194. Опыт с простейшим радиоприемником.

Энергия, полученная контуром из анодной цепи лампы, увеличивает амплитуду колебаний, которые уже существуют в контуре. Усиленные, они вновь подаются на сетку и опять усиливаются лампой, снова попадают обратно в контур сетки и т. д. Происходит дополнительное усиление высокой частоты.

Анодную катушку, с помощью которой энергия из анодной цепи лампы передается обратно в колебательный контур, включенный в цепь сетки лампы, называют катушкой *обратной связи*, а приемник с такой катушкой — приемником с обратной связью или *регенератором*.

Обратная связь повышает чувствительность приемника к сигналам отдаленных станций. Одновременно повышается и способность его лучше выделять сигналы той станции, на которую он настроен.

Однако нарастанию этих качеств есть предел. Когда контур начинает получать из анодной цепи лампы слишком много энергии, или, как говорят, получается очень сильная обратная связь, приемник самовозбуждается — в его контуре появляются собственные незатухающие колебания высокой частоты, причем они могут воз-

никнуть независимо от того, поступают ли в контур колебания из антенны или нет.

При чрезмерно сильной обратной связи в колебательном контуре приемника, настроенном на волну какой-то станции, могут одновременно существовать колебания с частотой этой радиостанции и собственные колебания, имеющие несколько иную частоту. Складываясь, эти колебания образуют так называемые б и е н и я. В результате детектирования биений получаются колебания третьей — звуковой — частоты. Так, например, если приемник настроен на радиостанцию, работающую на частоте 1 000 *кгц*, а собственные колебания в контуре, возникающие в результате сильной обратной связи, имеют частоту 1 002 *кгц*, то в результате детектирования биений получаются колебания с частотой 1 002—1 000 = = 2 *кгц*, или 2 000 *гц*. Эти колебания звуковой частоты и искажают сигналы радиостанций.

То, что приемник с обратной связью обладает повышенной чувствительностью и избирательностью, — это его достоинство. А вот то, что он при чрезмерно сильной обратной связи генерирует колебания высокой частоты, — это его недостаток. Но этим не исчерпываются недостатки генерирующего приемника: он еще создает помехи другим приемникам, которые сами работают нормально и не генерируют. Происходит это потому, что антенна генерирующего приемника излучает в пространство высокочастотные колебания, которые достигают антенн других находящихся поблизости приемников. При попытке приема на эти приемники той же станции, на которую настроен излучающий приемник, они будут принимать колебания двух частот, биения между которыми создадут свист, мешающий приему.

Помехи от генерирующих радиоприемников — большое зло. Поэтому пользоваться приемником с обратной связью надо очень аккуратно, не доводить его до генерации.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Наибольшее усиление приемника с обратной связью получается вблизи «порога» генерации, когда достаточно малейшего увеличения обратной связи, чтобы приемник стал генератором. При ослаблении же обратной связи усиление приемника резко падает. Чтобы иметь возможность подобрать наилучшее усиление и чтобы приемник при этом не генерировал, величину обратной связи регулируют.

Существует много способов регулирования обратной связи. Один из них (по рис. 194) мы уже разобрали. Там катушка обратной связи L_0 включена п о с л е д о в а т е л ь н о в анодную цепь лампы и индуктивно связана с катушкой контура. Величину обратной связи можно регулировать расстоянием между катушками или изменением положения катушки обратной связи внутри контурной.

Разновидностью схемы с последовательной обратной связью является схема на рис. 195, *а*. По этой схеме катушка обратной связи L_0 и катушка колебательного контура $L_к$ наматываются на общем каркасе, а величина обратной связи регулируется переменным резистором R_0, включенным параллельно катушке обратной связи. Когда ползунок резистора R_0 находится в верхнем положении, резистор оказывает высокочастотной составляющей анодного тока значительно большее сопротивление, чем катушка L_0. Поэтому почти вся энергия высокочастотной составляющей идет через катушку L_0. Величина обратной связи в это время наибольшая. Если же ползунок резистора находится в нижнем положении, то

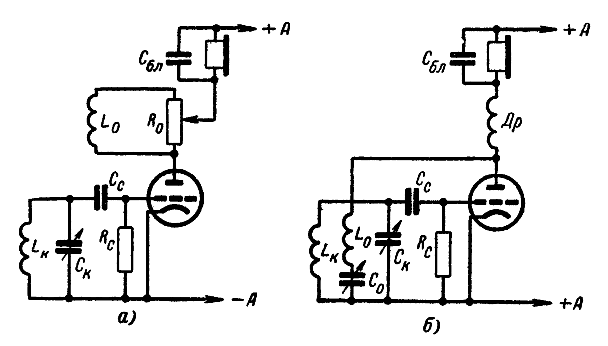


Рис. 195. Схемы регулирования величины обратной связи.

а — переменным резистором; *б* — конденсатором переменной емкости.

анодный ток течет, минуя катушку обратной связи. В этом случае обратной связи нет или она очень слаба. Если ползунок резистора передвигать от одного крайнего положения до другого, то обратная связь изменяется от максимума до минимума. Наивыгоднейшее положение ползунка, при котором приемник дает наибольшее усиление и не генерирует, подбирается практическим путем во время настройки на радиостанцию. Сопротивление переменного резистора для регулирования обратной связи по такой схеме может быть в пределах 5—10 *ком*.

На рис. 195, *б* показана схема параллельной обратной связи. Здесь цепь обратной связи образуют катушка L_0, намотанная на общем каркасе с контурной и, следовательно, индуктивно связана с нею, и конденсатор переменной емкости C_0. Она включена параллельно анодной цепи лампы, поэтому и называется параллельной обратной связью. В данном случае по цепи обратной связи может течь только высокочастотная составляющая анодного тока. Величина ее определяется емкостью конденсатора C_0: чем меньше его емкость, тем меньше ток в цепи обратной связи. Проходящий по катушке L_0 ток высокой частоты создает вокруг нее переменное

магнитное поле, которое возбуждает в контурной катушке $L_к$ колебания высокой частоты.

Чтобы эта схема могла нормально работать, между анодом лампы и анодной нагрузкой (в данном случае — телефоном) должен быть включен дроссель высокой частоты *Др* — катушка с большим числом витков, обладающая сравнительно с катушкой обратной связи большей индуктивностью.

Дроссель свободно пропускает ток низкой частоты, который преобразуется телефоном в звук, но оказывает большое сопротивление току высокой частоты. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока лампы и идет главным образом по цепи из конденсатора C_0 и катушки L_0, которая оказывает меньшее сопротивление, чем дроссель.

Некоторая часть высокочастотной составляющей все же проходит через дроссель, но в телефон она не попадает, так как идет через блокировочный конденсатор.

Наибольшую емкость переменного конденсатора цепи обратной связи выбирают такой, чтобы он хорошо пропускал ток высокой частоты и в то же время оказывал большое сопротивление току звуковой частоты. Этим требованиям отвечает конденсатор с наибольшей емкостью 250—350 *пф*.

Опыт, проведенный нами в начале этой части беседы, показал, что если катушку обратной связи приближать к контурной катушке одной стороной, получится усиление, а если перевернуть, то получится ослабление приема. Чем объясняется явление ослабления чувствительности приемника той же катушкой обратной связи?

В зависимости от положения катушки обратной связи ее высокочастотное электромагнитное поле будет либо ритмично «подталкивать» существующие в контуре электрические колебания, как при раскачивании маятника, либо, наоборот, ослаблять их. В первом случае обратная связь будет положительной, во втором — отрицательной. Только в первом случае колебания в контуре будут усиливаться.

Найти правильное положение катушки обратной связи относительно контурной можно либо поворотом ее на угол 180°, либо переключением ее концов.

ПРОСТЕЙШИЙ ПРИЕМНИК С ТРАНЗИСТОРОМ

В предыдущей беседе ты экспериментировал с первым каскадом транзисторного усилителя (см. рис. 184). При подключении к нему детекторного приемника схема этого каскада приняла вид, показанный на рис. 196, *а*. Здесь антенный конденсатор C_1, контур LC_2 с переключателем *П*, детектор *Д* и конденсатор C_3 — детали детекторного приемника. Входной резистор R_1 усилителя стал теперь нагрузкой детекторной цепи, а прежняя нагрузка этой цепи — те-

лефон — нагрузкой транзистора. Получился приемник с транзистором, а точнее — детекторный приемник с транзисторным усилителем низкой частоты.

Приемное устройство, собранное по такой схеме, работать будет, но несколько хуже, чем могло бы. Объясняется это невыгодным согласованием большого сопротивления выхода детекторной цепи с малым сопротивлением эмиттерного *p-n*-перехода транзистора, из-за чего бесполезно теряется значительная часть энергии приемника.

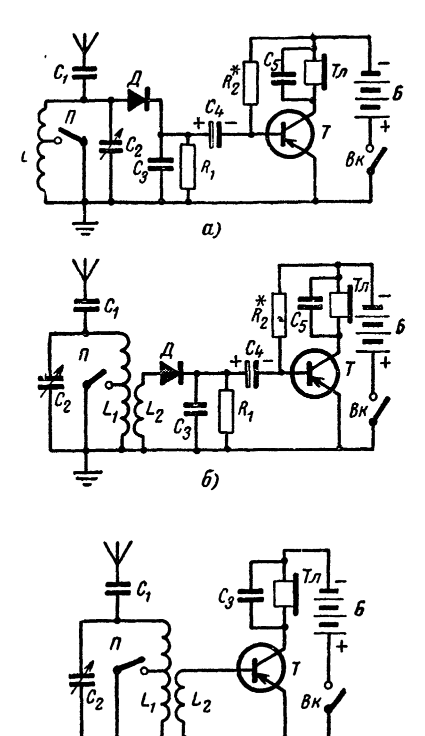


Рис. 196. Схемы простейших приемников с одним транзистором.

Этот недостаток схемы на рис. 196, *а* можно компенсировать включением в цепь эмиттера (между эмиттером и плюсом батареи) резистора сопротивлением 15—20 *ом*. Но лучше будет, если внести конструктивное изменение во входную часть приемника — сделать так, как в схеме на рис. 196, *б*. В этом случае напряжение высокочастотного сигнала подается на детектор не с катушки L_1, а с катушки L_2, индуктивно связанной с контурной и имеющей в 5—6 раз меньше витков. Катушка L_2 связывает детекторный контур с антенным контуром приемника, поэтому ее называют катушкой связи. Приемное устройство, собранное по такой схеме, будет работать лучше, чем в первом варианте.

Схема третьего варианта этого приемника показана на рис. 196, *в*. В ней нет ни детектора, ни его нагрузки, отсутствуют переходный конденсатор и резистор смещения. Напряжение с катушки связи L_2 подается прямо на вход транзистора. Транзистор в этом случае выполняет роль детектора и одновременно усиливает колебания низкой частоты. Приемник, смонтированный по этой схеме, проще предыдущего, но уступает ему в усилении, а значит, и в громкости работы телефона.

Проверь на практике два последних варианта приемника, собирая их на экспериментальной панели. Сначала собери приемник по схеме на рис. 196, *б*. Катушка связи, как мы уже сказали, должна иметь в 5—6 раз меньше витков, чем контурная.

Распредели ее витки равномерно поверх всей длины намотки контурной катушки. Емкость конденсатора C_3 0,01—0,02 *мкф*, конденсатора C_4 5 *мкф*. Сопротивление резистора R_1 может быть в пределах от 10 до 60 *ком*, резистора R_2 от 220 до 470 *ком*. Телефон низкоомный, с сопротивлением катушек 80—120 *ом*.

Подбирая наивыгоднейшие условия работы триода, добейся наиболее громкого звучания телефона. Затем, выключив питание, верхний (по схеме) вывод катушки связи соедини напрямую с базой транзистора, отключив от нее конденсатор C_3 и резистор R_1, — получится приемник по схеме на рис. 196, *в*, не требующий дополнительной наладки.

Эти эксперименты займут 1—2 *ч*, не больше. Они помогут тебе оценить достоинства одной схемы и недостатки другой. Одновременно ты сделаешь еще один шаг в освоении транзисторной техники.

О

ПРИБОРЫ ПЕРВОЙ НЕОБХОДИМОСТИ

Радиолюбитель часто испытывает трудности в нахождении неисправностей, из-за которых приемник или усилитель работает плохо или совсем молчит. А между тем виноват в этом часто сам радиолюбитель: в одном месте недостаточно хорошо сделал пайку, в другом — плохо изолировал проводники или соединения, в третьем — замонтировал непроверенную деталь. Но бывает, что даже совершенно хорошие на первый взгляд детали отказываются нормально работать.

Все эти неприятности надо предупреждать, проверяя каждую деталь, прежде чем вмонтировать ее. Но если они все же появятся, причины их надо уметь быстро находить и устранять. В этом тебе помогут пробники и измерительные приборы, которые всегда должны быть под рукой.

ПРОСТЫЕ ПРОБНИКИ

Самый простой пробник можно сделать из электромагнитного телефона и батарейки для карманного фонарика, соединив их последовательно (рис. 197). Вот и весь прибор. Свободной ножкой телефона и вторым выводом батарейки ты будешь подключать пробник к испытываемой детали.

Пользоваться пробником следует в таком порядке. Сначала испытай сам прибор, коснувшись свободной ножкой телефона свободного полюса батарейки. В телефоне должен быть слышен довольно сильный щелчок. Такой же щелчок слышен в телефоне при отключении его от батарейки. Если щелчки слышны, значит пробник исправен.

Чтобы проверить качество контурной катушки, обмотки трансформатора, дросселя, надо подключить к ним пробник. Если катушка или обмотка исправна, через нее идет ток. В моменты замыкания и размыкания цепи в телефоне слышны резкие щелчки. Если в катушке имеется обрыв, ток через нее не пойдет и резких щелчков в телефоне не получится.

В трансформаторе питания таким способом можно проверить каждую его обмотку.

Точно так же производится проверка конденсатора. Если конденсатор вполне исправен, то при первом замыкании цепи в телефоне пробника будет слышен щелчок, а при размыкании цепи щелчка не будет. Чем больше емкость конденсатора, тем щелчок сильнее. Щелчок этот вызывается током заряда конденсатора, идущим через телефон. У конденсатора малой емкости ток заряда очень мал, а потому щелчок будет очень слабым или его совсем не будет.

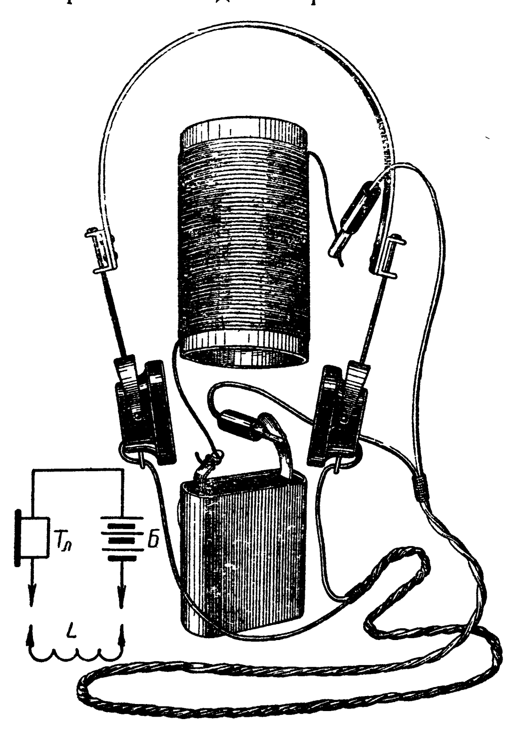


Рис. 197. Телефонный пробник.

Если же при испытании конденсатора будет слышен щелчок не только при замыкании, но и при размыкании цепи, это укажет на плохое качество диэлектрика или на то, что он «пробит».

Для проверки конденсатора переменной емкости нужно включить его в цепь пробника и медленно вращать ось подвижных пластин. Если при каком-то положении оси в телефоне слышен треск, значит на этом участке подвижные и неподвижные пластины замыкаются. Осмотрев конденсатор, надо найти место касания пластин и подгибанием их с помощью ножа (или подвертыванием установочного винта) устранить неисправность. Аналогичным способом с помощью этого пробника можно проверить надежность соединения проводников, определить, цела ли нить накала радиолампы, не замыкаются ли внутри баллона ее электроды и многое другое.

Отметим, что определить годность батарейки телефоном нельзя, так как в нем будет слышен сильный щелчок и при разрядившейся батарейке, уже не способной накаливать нить лампочки.

Большую услугу тебе может оказать универсальный пробник, схема и устройство которого показаны на рис. 198. С помощью такого пробника ты сможешь не только проверить деталь, контакт, но и «прослушать» работу многих цепей приемника или усилителя. Он представляет собой панельку размером примерно 40×60 *мм* на

стойках, на которой смонтированы гнезда для телефона и щупов, детектор (любой точечный диод), конденсатор емкостью 0,01—0,02 *мкф* и один элемент типа ФБС. Щупами приборчик подключается к испытываемым цепям приемника или усилителя, проверяемым деталям. Штепсельная ножка щупа *а* постоянно вставлена в гнездо *0*, переключается только щуп *б*. Когда штепсельная ножка щупа *б* находится в гнезде *1*, телефон подключается к испытываемой цепи через диод; когда она вставлена в гнездо *2*, телефон подключается к испытываемой цепи через конденсатор, а когда в гнездо *3*, телефон подключается непосредственно к испытываемой цепи.

Первое включение пробника предназначено для прослушивания

Рис. 198. Схема и устройство универсального пробника.

высокочастотных цепей приемника. В этом случае модулированные колебания высокой частоты детектируются, а получаемые колебания низкой частоты преобразуются телефоном в звук. Второе и третье включения щупа *б* применяются при проверке низкочастотных цепей: когда щуп вставлен в гнездо *2*, конденсатор преграждает путь постоянной составляющей через телефон, пропуская через него только низкочастотную составляющую; когда же он вставлен в гнездо *3*, через телефон могут идти как постоянный ток, так и токи низкой частоты. Последнее — четвертое — включение щупа *б* (в гнездо *4*) соответствует использованию пробника для испытания деталей.

Но пробники, о которых мы рассказали, — только часть приборов первой необходимости. Нужны омметр для замера сопротивлений цепей и резисторов, вольтметр постоянных напряжений. Для них потребуется чувствительный электроизмерительный прибор.

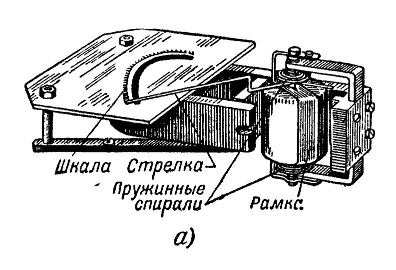
ОБ ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

Мы уже говорили, что токи измеряют амперметрами, миллиамперметрами или микроамперметрами, напряжения — вольтметрами, милливольтметрами, а сопротивления — омметрами.

Несмотря на различия в наименованиях всех этих приборов, все они работают принципиально одинаково: отклонение стрелок приборов показывает, что через них течет ток. Чем больше ток, тем больше отклонение стрелки прибора. А шкала прибора в зависимости от того, для каких измерений приспособлен прибор, градуируется (размечается) соответственно в амперах, миллиамперах, вольтах, омах.

Всякий электроизмерительный прибор характеризуют его пределом измерений — числом ампер, миллиампер, микроампер, вольт и т. д., при котором стрелка его дает отклонение до конца шкалы.

Когда, например, говорят, что предел измерений прибора 1 *ма*, это значит, что стрелка данного прибора отклоняется до последнего деления шкалы, когда через него проходит ток 1 *ма*. Такой прибор можно включать только в ту цепь, ток в которой не превышает 1 *ма*. Ток большей величины может повредить прибор. Если же через этот прибор будет проходить меньший ток, например 0,5 *ма*, то его стрелка отклонится только на половину шкалы. При еще меньшем токе стрелка этого прибора даст еще меньшее отклонение.



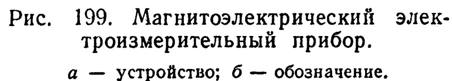


Рис. 199. Магнитоэлектрический электроизмерительный прибор.

а — устройство; *б* — обозначение.

Иногда прибор характеризуют его ч у в с т в и т е л ь н о с т ь ю на одно деление его шкалы. Если, например, шкала имеет 50 делений, а его чувствительность 20 *мка* на одно деление шкалы, то стрелка отклоняется на всю шкалу при токе $20 \times 50 = 1\,000$ *мка*, или 1 *ма*.

Существует несколько систем электроизмерительных приборов: э л е к т р о м а г н и т н ы е, м а г н и т о э л е к т р и ч е с к и е, э л е к т р о д и н а м и ч е с к и е. В радиолюбительской практике применяются главным образом приборы магнитоэлектрической системы.

Устройство магнитоэлектрического прибора показано на рис. 199. Он имеет сильный подковообразный или кольцевой магнит (на рис. 199 для наглядности часть одного полюса магнита не показана), между полюсами которого помещена катушка из изолированного провода, намотанная на легкой рамке. Рамка и стрелка прибора укреплены на оси. Вся эта подвижная система удерживается в положении покоя двумя спиральными пружинками.

Прибор работает следующим образом. Когда через катушку течет ток, вокруг нее образуется магнитное поле. Это поле взаимодействует с полем постоянного магнита, в результате чего катушка вместе с рамкой и стрелкой поворачивается, отклоняясь от перво-

начального положения. Отклонение стрелки от «нулевой» отметки будет тем бо́льшим, чем больше ток в катушке. При повороте катушки спиральные пружинки закручиваются. Как только прекращается ток в катушке, пружинки возвращают рамку, а вместе с нею и стрелку прибора в «нулевое» положение.

Как узнать систему данного прибора, не разбирая его? Для этого достаточно взглянуть на условный знак на шкале. Если он изображает подковообразный магнит с прямоугольником между его концами, значит прибор магнитоэлектрический. Рядом с таким знаком обычно ставят стрелку, указывающую положение прибора, в котором он должен находиться при измерениях. Стрелка, направленная вверх, указывает, что данный прибор должен работать в вертикальном положении, а горизонтальная — в горизонтальном. Если не придерживаться этих указаний, то прибор будет давать неточные показания.

Если магнитоэлектрический прибор используют для измерения сравнительно больших токов, например в амперметре, параллельно катушке присоединяют резистор, называемый ш у н т о м (рис. 200, *а*). Сопротивление шунта подбирают с таким расчетом, чтобы через него шел основной ток, а через катушку прибора — только часть этого тока. Если из такого прибора удалить шунт, его чувствительность увеличится, а предельный ток, который можно будет им измерять, уменьшится.

Рис. 200. Подключение шунта (*а*) и последовательного добавочного резистора (*б*) к электроизмерительному прибору.

При использовании магнитоэлектрического прибора в вольтметре последовательно с его катушкой включают добавочный резистор (рис. 200, *б*). Он ограничивает величину тока, проходящего через катушку, повышая общее сопротивление прибора.

Шунты и добавочные резисторы могут находиться как внутри корпусов приборов (внутренние), так и снаружи (внешние). Чтобы превратить амперметры и вольтметры в миллиамперметры, нужно изъять из них шунты и дополнительные резисторы.

В некоторых приборах имеются еще так называемые м а г н и т н ы е ш у н т ы — стальные подвижные пластинки, частично замыкающие магнитные силовые линии между полюсами магнитов, минуя катушку. Этими шунтами регулируют чувствительность приборов. Наилучшая чувствительность прибора будет тогда, когда пластинка совсем не перекрывает зазор между полюсами магнита.

Для твоих измерений нужен прибор чувствительностью не хуже 1 *ма*. Чем на меньший ток он рассчитан, тем лучше. Из стрелочного прибора высокой чувствительности можно сделать прибор для любых твоих измерений. Желательно, чтобы шкала прибора была

возможно большего размера. Это позволит делать более точные отсчеты измеряемых величин.

Если в твоем распоряжении имеется прибор с неизвестным пределом измерений, его чувствительность приблизительно можно узнать так. Удали из прибора шунт и добавочный резистор, если они имеются в приборе, и составь электрическую цепь из этого прибора, батарейки для карманного фонарика и резистора сопротивлением 15—20 *ком*. Постепенным уменьшением сопротивления добавочного резистора, заменой его другим с меньшим сопротивлением или параллельным подключением к нему другого резистора добейся отклонения стрелки до последнего деления шкалы. Нельзя резко уменьшать сопротивление добавочного резистора, так как это может вызвать резкий уход стрелки прибора за пределы шкалы, прибор может испортиться. Если теперь напряжение батарейки разделить на сопротивление подобранного резистора, то ты узнаешь примерный ток при полном отклонении стрелки прибора.

Например, если отклонение стрелки на всю шкалу получилось при напряжении батарейки 4,5 *в* и сопротивлении резистора 9 *ком* (9 000 *ом*), то, следовательно, чувствительность этого прибора примерно равна:

4,5 : 9 000 *ом* = 0,0005 *а*, или 500 *мка*.

ВОЛЬТМЕТР ПОСТОЯННОГО ТОКА

В твоем радиолюбительском хозяйстве должен быть вольтметр. При помощи его ты сможешь измерять постоянные напряжения батарей, выпрямителей, проверять различные цепи радиоприемника или усилителя. Для этой цели пригодны приборы, имеющие достаточно большое сопротивление, — так называемые высокоомные вольтметры.

Качество вольтметра оценивается его сопротивлением в омах, приходящимся на 1 *в* измеряемого напряжения (пишут: *ом/в*). Так, например, если сопротивление вольтметра, включая его добавочный резистор, равно 5 000 *ом*, а шкала его проградуирована для измерения напряжений до 5 *в*, то на 1 *в* измеряемого напряжения будет приходиться 1 000 *ом*. Чем меньше ток прибора, используемого в вольтметре, тем больше сопротивление его добавочного резистора и прибора в целом. Качество вольтметра тем выше, чем больше его общее сопротивление.

Вольтметр с малым сопротивлением на 1 *в* непригоден для измерения, например, напряжений на анодах и сетках ламп. Такой вольтметр, «забирая» большой ток, создает дополнительные падения напряжения на резисторах, включенных в цепи анодов и сеток. Из-за этого показания вольтметра будут значительно отличаться от фактических напряжений, действующих на этих электродах ламп, когда вольтметр отключен. Наибольшие погрешности в показаниях вольтметра с небольшим сопротивлением будут при изме-

рениях в цепях с большими сопротивлениями и особенно в тех цепях, в которых течет малый ток, например в анодных цепях и цепях экранирующих сеток ламп 6Ж8, 1Б1П, работающих в каскадах предварительного усиления низкой частоты.

Для радиотехнических измерений пригодны лишь вольтметры, обладающие сопротивлением (включая добавочное) не менее 1 000 *ом/в*.

В приемниках и усилителях приходится измерять напряжения от нескольких вольт до нескольких сотен вольт. Поэтому вольтметр с одним пределом измерений неудобен. Например, вольтметром со шкалой на 500 *в* нельзя точно измерить напряжения 1,5—3 *в*, так

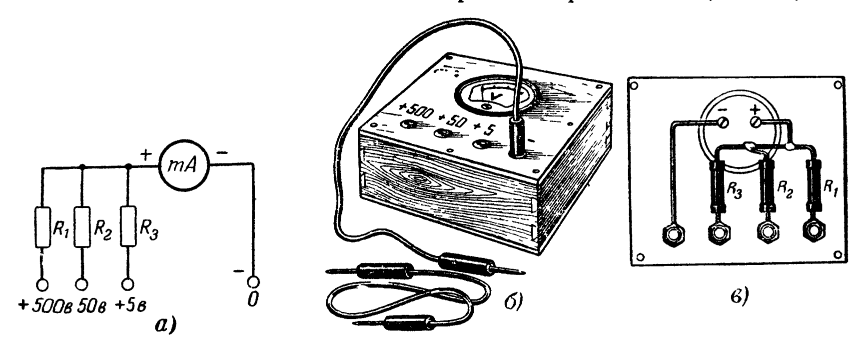


Рис. 201. Принципиальная схема и устройство вольтметра на три предела измерений.

как отклонение стрелки получится мало заметным. Вольтметром же со шкалой на 5 *в* нельзя измерять более высокие напряжения. Поэтому тебе нужен вольтметр, имеющий не менее трех пределов измерений. Схема и устройство такого вольтметра показаны на рис. 201. Наличие трех добавочных резисторов R_1, R_2 и R_3 свидетельствует о том, что вольтметр имеет три предела измерений. В данном случае первый предел 0—5 *в*, второй 0—50 *в* и третий 0—500 *в*. Это наиболее удобные пределы, позволяющие измерять с достаточной точностью любые напряжения, которые могут встретиться в твоей практике.

Сопротивления добавочных резисторов легко подсчитать по известной тебе формуле, вытекающей из закона Ома:

$$R = \frac{U}{I},$$

где U — предельное напряжение в вольтах, на которое рассчитывается шкала прибора;

I — ток в амперах, при котором получается полное отклонение стрелки прибора, используемого для высокоомного вольтметра;

R — сопротивление добавочного резистора для данного предела измерений.

Допустим, что ты имеешь прибор на ток 1 *ма* (0,001 *а*). Тогда сопротивление добавочного резистора для измерений до 5 *в* (R_3 на рис. 201) должно быть

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{0{,}001} = 5\ ком.$$

Сопротивления добавочных резисторов для других измерений соответственно должны быть: 50 *ком* — для предела 0—50 *в*, 500 *ком* — для предела 0—500 *в*.

Если чувствительность прибора иная, например 500 *мка* (0,0005 *а*), то для тех же пределов измерений добавочные резисторы должны иметь сопротивления: 10 *ком* — для предела 0—5 *в*, 100 *ком* — для предела 0—50 *в* и 1 *Мом* — для предела 0—500 *в*.

Нетрудно определить, что при любом пределе измерений вольтметр с прибором на 1 *ма* будет иметь сопротивление примерно 1 000 *ом/в*, а с прибором на 500 *мка* 2 000 *ом/в*. Второй вольтметр лучше первого.

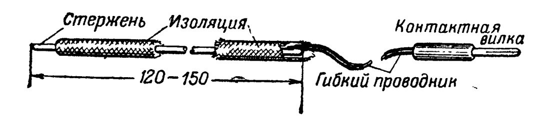


Рис. 202. Устройство щупа.

Более точный расчет сопротивлений добавочных резисторов производят с учетом сопротивления всей цепи вольтметра, включая сопротивление катушки прибора. Но сопротивление катушки прибора по сравнению с сопротивлениями добавочных резисторов весьма мало, поэтому в любительских приборах его обычно не учитывают. Окончательную же «подгонку» резисторов производят опытным путем при градуировке вольтметра путем замены их, подключая к ним последовательно или параллельно другие резисторы.

Сам прибор, добавочные резисторы к нему и гнезда смонтируй на прямоугольной панели из листового гетинакса, органического стекла или в крайнем случае из сухой фанеры (рис. 201). Панель эта служит одновременно крышкой ящика вольтметра.

Подключение вольтметра к измеряемым цепям производится при помощи двух щупов, один из которых постоянно включен в гнездо, соединенное с отрицательным зажимом прибора.

Устройство щупа показано на рис. 202. Это медный или латунный стержень (кусок толстого провода) диаметром 3—4 и длиной 120—150 *мм*, один конец которого заострен. К другому его концу припаян гибкий (многожильный) изолированный проводник, оканчивающийся однополюсной контактной вилкой, вставляемой в гнездо вольтметра. На стержень надета изолирующая (резиновая, кембриковая, полихлорвиниловая, эбонитовая) трубка. Она закрывает весь стержень щупа, включая место спайки его с гибким проводником. Из трубки выступает только заостренный кончик стержня, которым можно прикасаться к монтажным проводам.

Если у тебя не окажется подходящей трубки, закатай стержень щупа в полоску бумаги, предварительно промазав ее клеем БФ-2 или каким-либо клейким лаком, и хорошенько просуши. Толщина бумажного слоя должна составлять 0,5—0,8 *мм*. Сверху бумажную изоляцию покрой тем же клеем или лаком или покрась масляной краской.

В вольтметре можно использовать заводскую шкалу прибора или вычертить новую (рис. 203) таких же размеров. Вся шкала сначала делится на пять одинаковых частей, которые будут соответствовать единицам, десяткам и сотням вольт. Чтобы можно было вести точные отсчеты, каждая пятая часть шкалы разделена еще на пять одинаковых частей. При отсчете напряжений в пределах 0—5 *в* надо пользоваться нижним, в пределах 0—50 *в* — средним и в пределах 0—500 *в* —верхним рядом цифр.

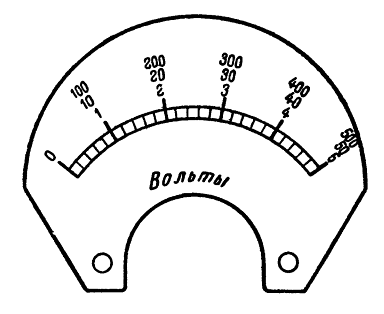


Рис. 203. Образец шкалы вольтметра на три предела измерений.

Окончательная подгонка добавочных резисторов по шкале вольтметра производится после того, как прибор полностью смонтирован. Для этого потребуются источники напряжений и контрольный, дающий правильные показания вольтметр. Источниками напряжений могут быть сухие элементы, батарейки для карманного фонарика, анодная батарея, выпрямитель.

Соедини параллельно свой вольтметр и контрольный ($V_к$ на рис. 204). На обоих вольтметрах установи одинаковые пределы измерений. Присоедини к ним через потенциометр (переменный резистор) источник постоянного тока, дающий напряжение, близкое к данному пределу измерений, например 6 *в* для 5-вольтовой шкалы. Подай на вольтметры напряжение, равное пределу измерений, например 5 *в*. Сличи показания вольтметров, а затем изменением сопротивления добавочного резистора добейся, чтобы показания твоего вольтметра и контрольного вольтметра были одинаковыми. Если контрольный прибор показывает, например, 4,5 *в*, а самодельный 4,1 *в*, то сопротивление добавочного резистора уменьшай и, наоборот, увеличивай его, если показание твоего вольтметра превышает показание контрольного. После этого, изменяя потенциометром напряжение, сличи показания приборов при более низких напряжениях.

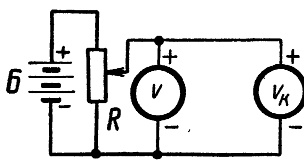


Рис. 204. Схема для градуировки вольтметра.

Точно так же подгоняются сопротивления добавочных резисторов и для других пределов измерений.

Шкала вольтметра постоянного тока почти равномерна, поэтому проверять его показания по всей шкале не обязательно. Если ты все же захочешь сделать такую проверку, присоедини другие напряжения и сверь показания вольтметров на других частях шкалы.

При градуировке 50- и 500-вольтовых шкал достаточно подогнать сопротивления добавочных резисторов при напряжениях 20—30 и 200—250 *в* соответственно, а затем сверить показания вольтметров при других, еще более низких напряжениях.

Чтобы избежать опасности удара током высокого напряжения во время подгонки резистора 500-вольтовой шкалы, подбирать его сопротивление нужно только при выключенном источнике напряжения.

ОММЕТР И ПРИМЕНЕНИЕ ЕГО

Омметр, служащий для измерения сопротивлений, также очень нужный тебе измерительный прибор. Сущность его действия заключается в том, что при включении в цепь, составленную из электроизмерительного прибора и источника постоянного тока, различ-

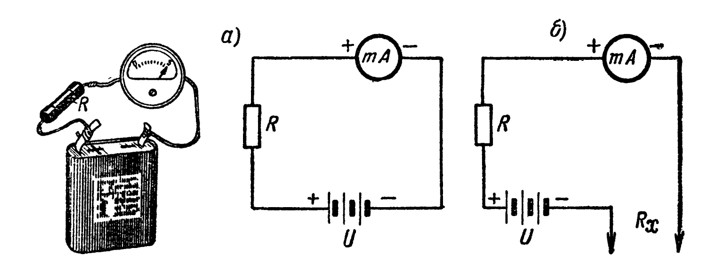


Рис. 205. Простой омметр.

а — схема подбора добавочного резистора; *б* — законченная схема.

ных резисторов или других деталей величина тока этой цепи меняется. Соответственно изменяется и угол отклонения стрелки прибора.

Для простейшего омметра нужны милли- или микроамперметр, источник постоянного тока, например батарейка для карманного фонарика, и резистор. Составь из них замкнутую электрическую цепь (рис. 205, *а*). Сопротивление добавочного резистора *R* подбери так, чтобы стрелка прибора давала отклонение на всю шкалу. Зная напряжение источника тока и ток полного отклонения прибора, сопротивление этого резистора можно подсчитать по той же формуле, по которой мы рассчитывали сопротивление добавочного резистора к вольтметру. Подобрав добавочный резистор, разорви цепь — образовавшиеся при этом концы проводников

будут выводами твоего простейшего омметра (на рис. 205, *б* они обозначены R_x).

Шкала прибора градуируется в омах. Для этого к выводам R_x подключай разные резисторы известных сопротивлений, а получающиеся отклонения стрелки каждый раз отмечай на шкале. Сначала присоедини резистор небольшого сопротивления, например 100 *ом*. Полное сопротивление цепи теперь стало больше на сопротивление этого резистора. Соответственно и ток в цепи уменьшился — стрелка прибора не отклоняется до конца шкалы. Это положение стрелки отметь на шкале черточкой, а около нее напиши: «100 *ом*» (рис. 206). Потом к выводам R_x подключи резистор сопротивлением 130—150 *ом*. Стрелка прибора отклонится еще меньше. Отметь и это положение стрелки на шкале. Далее присоединяй поочередно резисторы сопротивлениями 200 *ом*, 300 *ом*, 1 *ком* и т. д. и отмечай получающиеся в каждом случае отклонения стрелки.

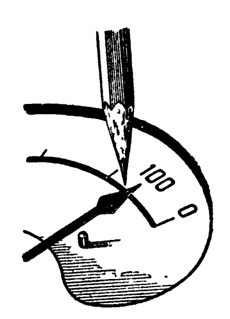


Рис. 206. Отклонения стрелки отмечаются на шкале.

Если к выводам отградуированного таким способом простейшего омметра присоединить резистор неизвестного сопротивления, то стрелка прибора укажет деление на шкале, соответствующее сопротивлению этого резистора. Когда ты будешь замыкать выводы R_x накоротко, стрелка прибора должна будет устанавливаться на самом правом делении шкалы. Это соответствует «нулю» омметра. «Нуль» же бывшего миллиамперметра в омметре будет соответствовать очень большому сопротивлению. Показания такого омметра будут правильными до тех пор, пока не уменьшится напряжение батарейки. При уменьшении напряжения батарейки вследствии ее разряда стрелка прибора уже не будет устанавливаться на «нуле» и омметр будет давать неправильные показания. В этом недостаток простейшего омметра, собранного по схеме на рис. 205, *б*.

Этот недостаток устранен в омметре по схеме на рис. 207. Здесь последовательно с прибором и постоянным резистором R_1 включен переменный резистор R_2, который служит для установки стрелки омметра на «нуль». Пока батарейка свежая, в цепь вводится бóльшая часть сопротивления резистора R_2. По мере разряда батарейки сопротивление этого резистора уменьшают. Таким образом, дополнительный переменный резистор позволяет регулировать величину тока в цепи омметра и устанавливать его стрелку на «нуль». Его обычно называют резистором установки омметра на «нуль».

Сопротивление резистора установки омметра на «нуль» должно составлять $^1/_{10}$—$^1/_8$ часть общего сопротивления добавочных резисторов. Если, например, сопротивление добавочного резистора по расчету должно быть 4 700 *ом*, то переменный резистор R_2 надо взять 470—620 *ом*, а резистор R_1 3,9—4,3 *ком*. При этом надобность

в точной подгонке сопротивления основного добавочного резистора отпадает.

В омметре, схема и устройство которого показаны на рис. 207, использованы магнитоэлектрический прибор на ток 1 *ма*, резистор

Рис. 207. Принципиальная схема и устройство омметра.

R_1 3,9 *ком*, резистор R_2 510 *ом* и батарейка для карманного фонарика. Омметр смонтирован на гетинаксовой панели, служащей одновременно крышкой ящичка. Таким прибором можно с достаточной точностью измерять сопротивления от нескольких десятков ом до 200—300 *ком*, что вполне тебя устроит.

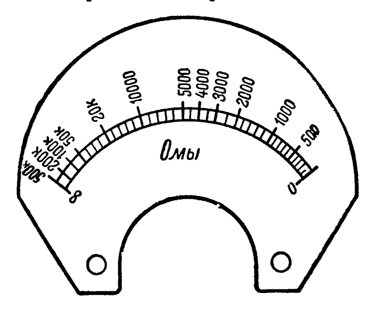


Рис. 208. Образец шкалы омметра.

Образец шкалы такого омметра показан на рис. 208. Градуировку ее делай по резисторам заведомо известных сопротивлений, а еще лучше при помощи магазина сопротивлений, который найдется в физическом кабинете твоей школы.

Пользование омметром несложно. Всякий раз перед измерениями стрелку омметра устанавливай на «нуль», замкнув накоротко оголенные концы щупов. Затем, прикасаясь щупами омметра выводов измеряемого резистора, определяй его сопротивление по градуированной шкале. С течением времени стрелка прибора не будет устанавливаться на «нуль». Это укажет на то, что батарейка разрядилась и нужно заменить ее новой.

Не думай, что омметр нужен только для измерения сопротивлений резисторов. Им можно проверить, нет ли обрывов в контурных катушках, катушках телефона, обмотках трансформатора, выяснить, не замыкаются ли катушки или обмотки трансформатора между собой. При помощи омметра легко найти выводы обмоток трансформатора, а по сопротивлению этих обмоток легко судить об

их назначении. Омметром можно проверить, не оборвана ли нить накала лампы, не соединяются ли между собой электроды лампы, судить о качестве диодов. Замыкания в монтаже или между обкладками конденсатора, надежность контактных соединений и многое другое также можно определять омметром.

Запомни, как ведет себя омметр при испытании конденсаторов. Если щупами прикоснуться к выводам конденсатора, стрелка прибора даст мгновенное отклонение и сейчас же возвратится в положение очень большого сопротивления. Этот «бросок» стрелки, получающийся за счет тока заряда конденсатора, будет тем больше, чем больше емкость конденсатора. При испытании конденсаторов малой емкости броски стрелки так малы, что они незаметны, так как зарядный ток таких конденсаторов ничтожно мал.

Если при испытании конденсатора стрелка омметра отклоняется до «нуля», значит конденсатор пробит; если же омметр после отклонения стрелки от тока заряда покажет сопротивление, значит конденсатор имеет большую утечку. Разумеется, такие конденсаторы использовать нельзя.

ВОЛЬТОММЕТР

Ты, наверное, обратил внимание на то, что в вольтметре и омметре, о которых мы рассказали, используются одинаковые стрелочные приборы. Невольно напрашивается вопрос: нельзя ли вольтметр и омметр объединить в одном приборе? Можно.

Принципиальная схема такого прибора приведена на рис. 209. Здесь батарейка *Б*, добавочные резисторы R_1 и R_2 вместе с прибором *mA* образуют омметр, а добавочные резисторы R_3, R_4, R_5 и тот же прибор — вольтметр постоянного тока на три предела измерений. Такой комбинированный прибор называют в о л ь т о м м е т р о м.

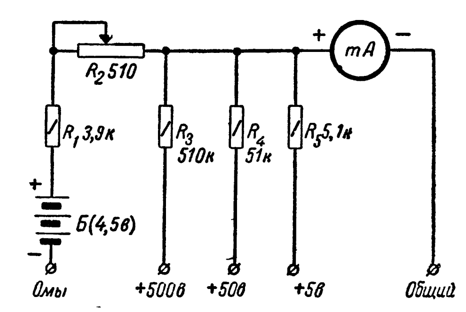


Рис. 209. Принципиальная схема вольтомметра.

Изготовление и градуировка вольтомметра ничем не отличаются от вольтметра и омметра. Надо только выбрать подходящий электроизмерительный прибор, рассчитать и подобрать резисторы к нему, продумать конструкцию ящика в соответствии с рабочим положением прибора (вертикальную или горизонтальную). Сопротивления добавочных резисторов, указанные в схеме на рис. 209, соответствуют прибору с полным отклонением стрелки при токе 1 *ма*.

Если у тебя будет прибор иной чувствительности с хорошей заводской шкалой, например на ток 30 *мка*, ее целесообразно сохра-

нить. В этом случае надо изменить только пределы измерений вольтметра, так чтобы они были кратны делениям шкалы: 3, 30, 300 *в*. Шкалу же омметра можно вычертить на отдельном кусочке плотной бумаги и укрепить на передней стенке ящичка вольтомметра.

Проводники щупов желательно сделать разноцветными, например черным и красным. Первый будет всегда общим (минус прибора) для любых измерений, а второй — переключающимся в зависимости от рода и пределов требуемых измерений. Переход с одного вида измерений на другой можно осуществить с помощью многоконтактного переключателя. В этом случае прибор будет иметь всего два зажима или гнезда для подключения щупов.

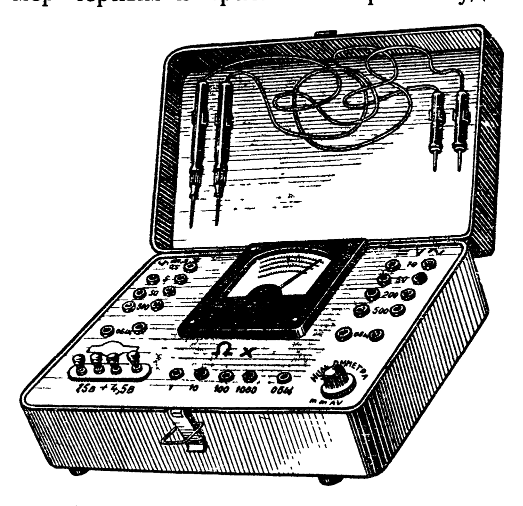


Рис 210. Универсальный измерительный прибор «Школьный».

Кроме вольтомметров, существуют и другие, более сложные комбинированные измерительные приборы, объединяющие милливольтметры, амперметры, вольтметры и омметры. Их называют а в о м е т р а м и. К их числу относятся, например, выпускаемые нашей промышленностью тестеры типов Ц-20, «Школьный» (рис. 210) и другие универсальные измерительные приборы. Любой из них может быть использован как амперметр, миллиамперметр, омметр и вольтметр постоянного и переменного тока со многими пределами измерений. Есть приборы, позволяющие, кроме этих измерений, производить проверку параметров транзисторов. Если представится возможность, купи такой прибор; он многие годы будет тебе верным помощником.

○

ЛАМПОВЫЕ ПРИЕМНИКИ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ

В этой беседе мы предлагаем тебе несколько разных по сложности вариантов схем приемников на электронных лампах с питанием от батарей и от сети. Выбирай любой из них, учитывая свои силы и возможности.

Но мы все же советуем начать с простого — однолампового приемника. А когда соберешь его, испытаешь и наладишь, тебе нетрудно будет превратить его в двухламповый.

ОТ ОДНОЛАМПОВОГО ПРИЕМНИКА К ДВУХЛАМПОВОМУ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Поскольку различие между батарейным и сетевым приемниками заключается лишь в используемых в них радиолампах и источниках питания, мы более подробно расскажем об устройстве одного из них — батарейного. О тех же изменениях, которые надо внести в него, чтобы он стал сетевым, мы скажем несколько позже.

Принципиальную схему этого приемника начерти сам — она такая же, как схема простейшего приемника, разобранного подробно в двенадцатой беседе (см. рис. 190), только с обратной связью. Перечерти схему полностью, да покрупнее, чтобы удобнее было пользоваться ею, а катушку обратной связи включи по рис. 194. В твоей схеме она будет катушкой L_2. Получится схема однолампового приемника с сеточным детектированием и последовательной обратной связью.

Положи схему перед собой. Разберись, как приемник, собранный по ней, будет работать. В нем используется пентодная часть лампы 1Б1П. Батареи, питающие нить накала, цепи анода и экранирующей сетки лампы, подключаются к соответствующим зажимам. Заземленный проводник является общим отрицательным проводником обоих источников тока.

Колебательный контур рассчитан на прием радиостанций средневолнового и длинноволнового диапазонов. Разомкнутое положение контактов переключателя *П* соответствует длинноволновому, а замкнутое — средневолновому диапазону. При первом положении переключателя в колебательном контуре будут работать обе секции катушки L_1 и конденсатор переменной емкости C_2, а при втором —

только верхняя секция катушки L_1 и конденсатор C_2. Таким образом, грубая настройка (переключение диапазонов) осуществляется переключателем *П*, а плавная — конденсатором переменной емкости C_2.

Катушка обратной связи, включенная в анодную цепь лампы последовательно, имеет с контурной катушкой переменную связь. Обозначать на схеме эту связь стрелкой, пересекающей обе катушки.

Обратная связь будет регулироваться вращением катушки обратной связи внутри контурной.

Через конденсатор C_6, блокирующий анодную батарею, будут проходить переменные составляющие анодного тока. Хотя приемник может работать и без этого конденсатора, однако присутствие его желательно, особенно при частично разрядившейся анодной батарее.

Одна из возможных конструкций этого приемника показана на рис. 211. Он смонтирован на шасси с высокой передней панелью. На лицевую сторону панели выведены концы осей конденсатора переменной емкости C_2 и катушки обратной связи L_2, снабженные ручками со стрелками — указателями настройки. Около стрелки на ручке регулирования обратной связи имеются упоры, ограничивающие вращение катушки обратной связи. Под панелью расположены гнезда для включения головных телефонов и переключатель диапазонов. Сверху на шасси находятся катушки, конденсатор переменной емкости и лампа, на задней стенке шасси — зажимы для подключения антенны, заземления и батарей. Остальные детали размещены в подвале шасси.

Позади конденсатора переменной емкости имеется свободное отверстие. Оно предназначено для панельки лампы усилителя низкой частоты.

Переднюю панель и заднюю стенку шасси изготовь из фанеры или доски толщиной 6—8 *мм*, а горизонтальную панель шасси — из фанеры толщиной 3—4 *мм*. Если конструкция окажется недостаточно жесткой, то прибей укосины или боковые стенки. Отверстия для ламповых панелек диаметром 16—17 *мм* просверли или выпили лобзиком до сборки шасси.

В колебательном контуре можно использовать одну из цилиндрических катушек, рекомендованных нами для детекторных приемников, дополнив ее катушкой обратной связи, вращающейся внутри контурной. Но лучше сделать их заново. Конструкция этих катушек показана на рис. 212. Катушка L_1 крепится на деревянных брусочках к передней панели шасси. Она неподвижна. Каркас катушки обратной связи L_2 жестко скреплен с осью, при помощи которой катушка поворачивается. Подшипниками оси служат отверстия в каркасе контурной катушки. При повороте катушки L_2 на половину оборота (180°) величина обратной связи плавно изменяется от минимума до максимума.

От продольного смещения ось катушки L_2 удерживают шпонки — булавки или тонкие гвоздики, вбитые в ось с внешней стороны каркаса катушки L_1. Чтобы при вращении оси шпонки не портили изоляцию провода контурной катушки, под них на ось надеты картонные шайбы.

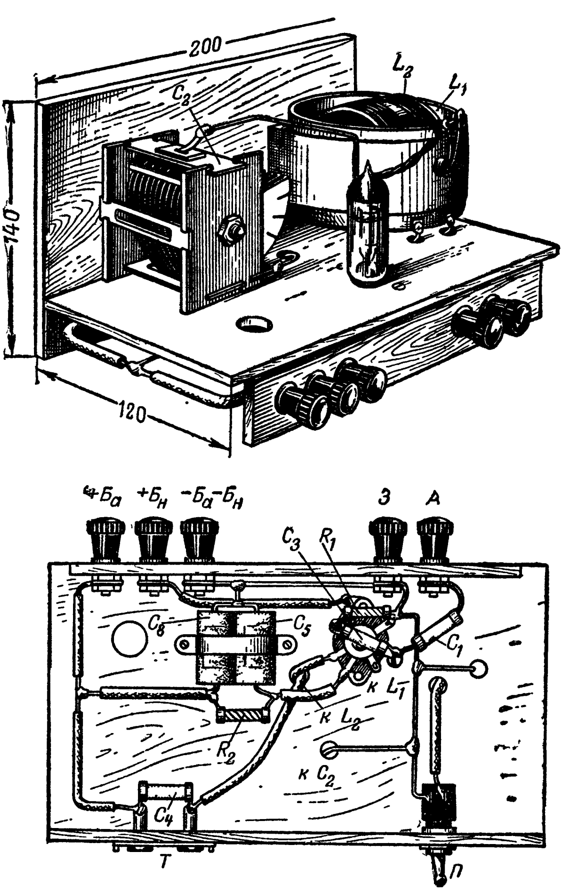


Рис. 211. Одноламповый приемник с обратной связью.

Плавность вращения катушки обратной связи и надежность ее работы во многом зависят от тщательности изготовления и подгонки относящихся к ней частей. Очень важно, в частности, чтобы при вращении она не задевала за каркас контурной катушки. Рекомендуем сначала склеить и обработать каркасы, заготовить ось, проделать в каркасах отверстия по диаметру оси, собрать и отрегулировать будущую конструкцию, а затем разобрать ее, на-

мотать катушки и только после этого окончательно собрать и укрепить катушки на шасси.

Каркасы для катушек изготовь из прессшпана или плотной бумаги уже известным тебе способом. Размеры их указаны на рисунке. По краям каркасов сделай выводные контакты. К ним будешь припаивать пропущенные внутрь каркасов выводы катушек.

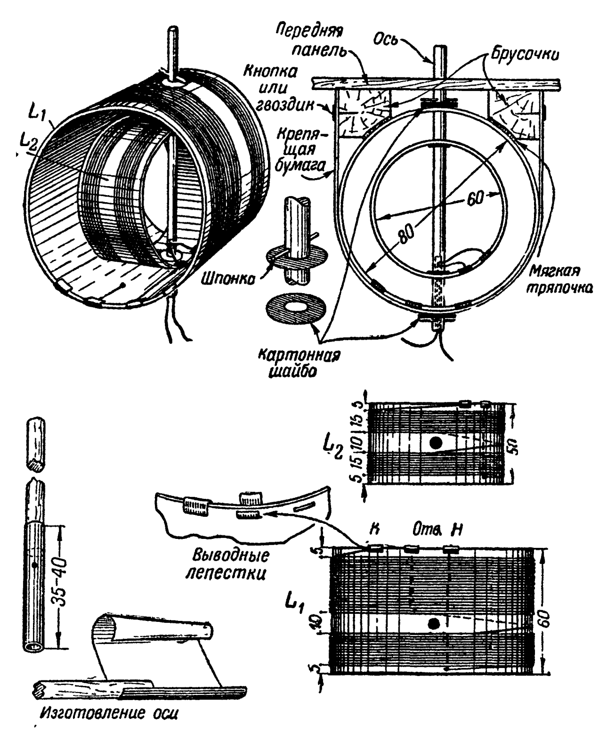


Рис. 212. Конструкция катушек приемника с обратной связью.

Ось катушки L_2 — круглая палочка диаметром 5—7 и длиной 125—130 *мм*, подобная деревянной ученической ручке или круглому карандашу. С одного конца палочки просверли продольное отверстие диаметром 3—4 *мм* на длину 25—30 *мм*, а потом боковое отверстие. Они образуют канал для вывода проводников катушки L_2 наружу контурной катушки. Если просверлить такие отверстия тебе будет трудно, то сделай на конце палочки бумажную трубочку (см. внизу слева на рис. 212). Полоску бумаги шириной 35—40 и длиной 90—100 *мм* смажь клеем и плотно намотай на конец палочки. После полного высыхания клея проделай в получившейся трубочке боковое отверстие для выводов катушки.

Отверстия в каркасах должны быть такими, чтобы ось туго входила в них. Ось не должна болтаться в отверстиях каркаса контурной катушки и удерживаться в них за счет трения.

Для контурной катушки подойдет провод диаметром 0,25—0,3 *мм*, а для катушки обратной связи — провод диаметром 0,15—0,2 *мм* с любой изоляцией.

Катушка обратной связи L_2 должна содержать около 70 витков, намотанных равными порциями по обе стороны от отверстий. Контурная катушка L_1 должна иметь всего 170—180 витков с отводом от 60—70-го витка. Малая секция ее — средневолновая часть катушки.

Когда намотаешь катушки, собери их в единую конструкцию, снаружи контурной катушки надень на ось картонные шайбы и осторожно вбей в ось гвоздики. Перемещая катушку обратной связи по оси, добейся, чтобы при вращении она не задевала за каркас контурной катушки. В таком положении приклей ее каркас к оси несколькими каплями клея.

Выводы катушки обратной связи пропусти наружу через трубчатую часть оси. Делай их гибким многожильным проводом в шелковой или бумажной изоляции. Обычный медный провод для этой цели мало пригоден, так как при вращении катушки он может перетереться; в результате появится обрыв или замыкание между выводными проводниками.

Катушки укрепи на двух брусочках, приклеенных к передней панели шасси, при помощи картонной полоски, предварительно вырезав в ней отверстие для оси катушки обратной связи. А чтобы не повредить изоляцию провода контурной катушки о брусочки, наклей на них лоскутки мягкой материи (бумазеи, байки).

Если для настройки приемника будешь использовать самодельный или любой другой конденсатор, емкость которого не превышает 300—350 *пф*, в контурной катушке сделай не один, а два-три отвода.

Если в твоем хозяйстве имеется блок конденсаторов переменной емкости, можешь поставить его в приемник, но использовать будешь только одну его секцию.

В нашей конструкции роль переключателя диапазонов выполняет выключатель типа «тумблер». Но он может быть самодельным, например ножевого типа, или сделанным из переменного резистора, о котором мы рассказывали в шестой беседе.

Зажимы антенны и заземления можно заменить гнездами, а зажимы, предназначенные для подключения батарей, — гибкими изолированными проводниками, пропустив их через отверстие в задней стенке шасси.

Для питания нити накала лампы потребуется один элемент типа 1,3-НВМЦ-150 или ему подобный, дающий напряжение 1,2—1,3 *в*, а для питания цепей анода и экранирующей сетки лампы — батарея с напряжением 60—80 *в*. Приемник сохраняет

работоспособность и при более низком анодном напряжении (30—40 *в*). Батарею с таким напряжением можно составить из восьми — десяти батареек для карманного фонарика. Но при пониженном анодном напряжении прием будет слабее.

Подумай, как выключать питание. Можно при помощи разъема, о котором мы говорили в восьмой беседе (см. стр. 184). А, может быть, выключателем, разрывающим заземленный проводник между конденсатором, блокирующим анодную батарею, и общим зажимом отрицательных полюсов обеих батарей?

Теперь кратко о сетевом варианте этого приемника. За основу его принципиальной схемы возьми схему простейшего однолампового приемника (см. рис. 192) и добавь только катушку обратной связи по рис. 194. Чем она будет отличаться от схемы батарейного варианта?

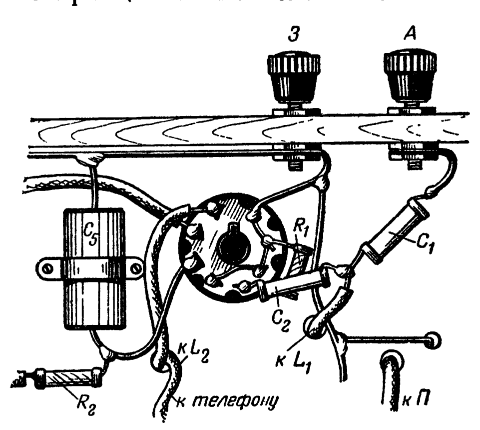


Рис. 213. Часть монтажной схемы сетевого приемника.

Прежде всего лампами: в батарейном используется пентодная часть лампы 1Б1П, а в сетевом — пентод 6Ж8. В батарейном приемнике есть конденсатор, блокирующий анодную батарею, а в сетевом он не нужен, так как аналогичный конденсатор есть в выпрямителе. В остальном схемы этих приемников одинаковы. Следовательно, чтобы батарейный приемник стал сетевым, надо заменить ламповую панельку и произвести монтаж ее согласно схеме включения и цоколевки лампы 6Ж8 (рис. 213). Других изменений в монтаже приемника делать не надо.

Питать приемник можно от любого выпрямителя.

Налаживание. Методика и техника испытания и налаживания обоих вариантов приемника одинаковы. Прежде чем подключить к приемнику питание (батареи или выпрямитель), проверь, нет ли в монтаже ошибок. Подключи к контуру цепочку из детектора и телефона и испытай эту часть, как детекторный приемник, чтобы убедиться в ее исправности. Затем отключи временно катушку обратной связи, а анод лампы соедини с гнездом телефонов напрямую. Вставь лампу, подключи источники питания и испытай приемник без обратной связи. Он должен работать так же, как простейший одноламповый приемник. После этого можно включить катушку обратной связи. Проверь, как регулируется обратная связь. Настрой приемник на одну из радиостанций и медленно поворачивай ручку обратной связи. Громкость должна постепенно возрастать.

При некотором положении катушки обратной связи услышишь легкий щелчок в телефонах и появится свист, искажающий передачу. Этот щелчок — порог генерации. Наибольшее усиление будет чуть не доходя этого порога.

Если же вместо усиления будет ослабление приема, поверни катушку обратной связи на 180° или поменяй местами ее выводы. Может случиться, что при вращении катушки обратной связи громкость возрастает, но генерации не возникает. Это указывает на слабую связь между катушками приемника. Усилить ее можно увеличением числа витков катушки обратной связи на 15—20 витков.

Налаживая батарейный приемник, попробуй отключить вывод резистора утечки сетки R_1 от вывода *1* ламповой панели и припаять его к выводу *7*. Оставь такое включение резистора, при котором приемник работает лучше. На этом налаживание приемника заканчивается.

Когда ты как следует освоишь этот приемник, вот тогда-то и можно будет подумать о добавлении к нему каскада усиления низкой частоты. Простого, конечно.

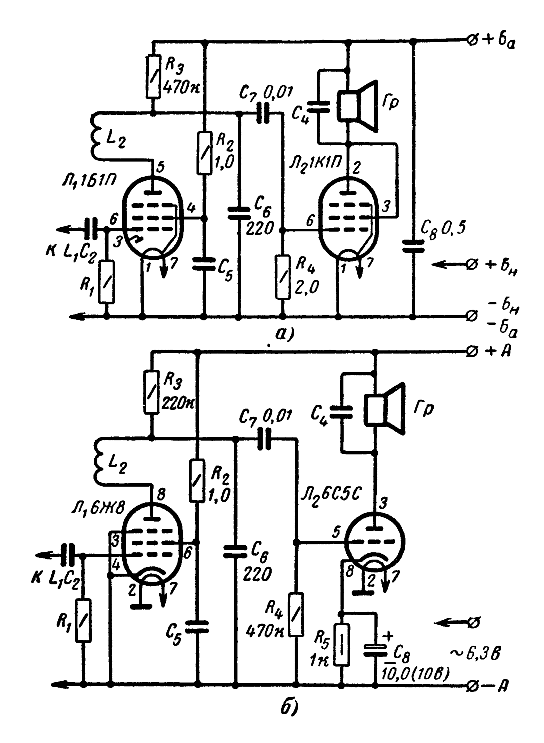


Рис. 214. Принципиальные схемы усилителей низкой частоты к одноламповым приемникам с обратной связью.

а — батарейной; *б* — сетевой.

Двухламповый приемник. Принципиальные схемы усилителей низкой частоты обоих вариантов приемника показаны на рис. 214.

Какие изменения произошли в схеме бывшего однолампового приемника?

Анодной нагрузкой лампы $Л_1$ был телефон, заблокированный конденсатором C_4. Теперь нагрузкой этой лампы стал резистор R_3, а конденсатор C_4 стал блокировать громкоговоритель, включенный в анодную цепь выходной лампы. Поскольку сопротивление нагрузки лампы $Л_1$ возросло, сопротивление резистора R_2 тоже

должно быть увеличено, чтобы напряжение на экранирующей сетке было меньше, чем на аноде.

Каково назначение других элементов схем?

Конденсатор C_6, блокируя анодную цепь первой лампы по высокой частоте, улучшает действие обратной связи. Конденсатор C_7 — разделительный, R_4 — резистор утечки сетки второй лампы. В батарейном варианте резистор R_4, кроме того, выполняет еще роль резистора смещения: благодаря его большому сопротивлению на управляющей сетке создается и поддерживается небольшое отрицательное напряжение. В сетевом варианте через резистор R_4 на сетку лампы подается отрицательное напряжение, действующее

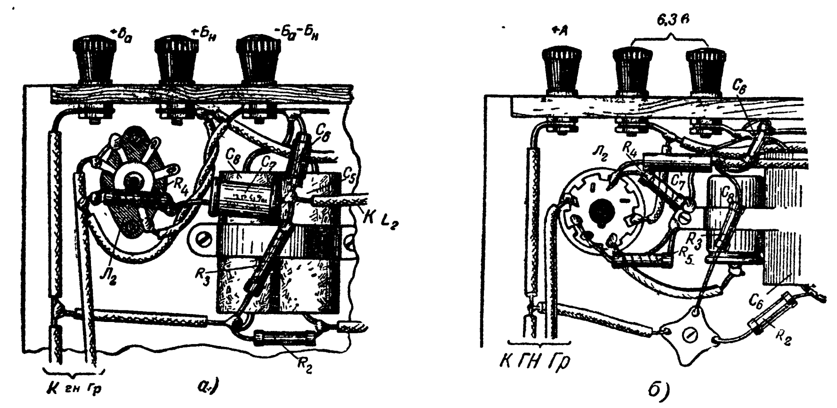


Рис. 215. Монтаж каскада усиления низкой частоты.
а — батарейного приемника; *б* — сетевого приемника

на резисторе автоматического смещения R_5, заблокированном электролитическим конденсатором C_8. В батарейном усилителе конденсатор C_8 блокирует анодную батарею (в одноламповом приемнике он был конденсатором C_6).

В батарейном усилителе выходной лампой служит пентод 1К1П, включенный триодом (анод и экранирующая сетка соединены и работают как один электрод), а в сетевом — триод 6С5С. Эти лампы не предназначены для выполнения такой функции, однако мощность, развиваемая ими, вполне достаточна для работы электромагнитного громкоговорителя «Рекорд» или маломощного абонентского динамика (с использованием его согласующего трансформатора в качестве выходного).

На шасси однолампового приемника мы оставили место для каскада усиления низкой частоты; теперь укрепи на нем ламповую панельку и, руководствуясь рис. 215, добавь к нему каскад усиления низкой частоты.

Обращаем внимание на крепление панельки лампы $Л_2$. По отношению к панельке для лампы $Л_1$ она повернута на 180°. Это сделано

для того, чтобы цепь управляющей сетки была возможно короче и в то же время удалена от анодной цепи, иначе между этими цепями может возникнуть вредная связь и усилитель станет самовозбуждаться.

Резистор утечки сетки R_4 и переходной конденсатор C_7 припаяй непосредственно к лепестку панельки лампы $Л_2$. Ко второму выводу конденсатора C_7 припаяй нагрузочный резистор R_3 и конденсатор C_6. Сюда же припаяй и проводник цепи обратной связи, который в одноламповом приемнике шел к телефону. Если этот узел окажется нежестким, используй монтажную стойку. Освободившееся гнездо телефона соедини с анодом выходной лампы. Приемник стал двухламповым. Теперь гнезда, предназначенные в одноламповом приемнике для телефона, будут гнездами громкоговорителя. Но сюда же можно включать и электромагнитные телефоны, если у тебя не окажется нужного громкоговорителя.

Закончив монтаж приемника, сверь его с принципиальной схемой. Если ошибок нет, а детали исправны, приемник будет работать без какого-либо налаживания.

А теперь дадим несколько дополнительных практических советов. В первом каскаде батарейного приемника лампу 1Б2П можно заменить лампой 1Б1П без каких-либо изменений в его схеме и конструкции. В обоих каскадах этого приемника могут быть использованы лампы 1К1П, 1К2П, 2К2М. В случае применения ламп 2К2М накальную батарею надо составить из двух элементов, а в цепь накала включить реостат сопротивлением 20—30 *ом*.

В детекторном каскаде сетевого приемника можно использовать пентоды 6Ж7, 6К7, 6Ж1П, 6К3, 6Ж4П, а также пентодные части ламп 6Б8С, 6Б8П, а в выходном каскаде, кроме лампы 6С3С, — триоды 6С1П, 6С2П, 6С2С. Производя замену ламп, учитывай цоколевку новых ламп.

В приемник можно ввести регулятор громкости, заменив постоянный резистор R_4 утечки сетки выходной лампы переменным такого же сопротивления, а также регулятор тембра уже известным тебе способом (см. рис. 181).

Регулирование обратной связи можно осуществлять переменным резистором, используя в колебательном контуре любую катушку от детекторного приемника. В этом случае катушка обратной связи, состоящая из 50—60 витков провода 0,15—0,2 *мм* в любой изоляции, наматывается равномерно поверх контурной катушки. Переменный резистор сопротивлением 5—10 *ком* включается по схеме на рис. 195, *а*. Его можно разместить между переключателем диапазонов и выходными гнездами приемника.

Можно, разумеется, повысить выходную мощность приемника, используя соответствующие лампы, сетевой приемник смонтировать вместе с выпрямителем, как это сделано в приемниках, о которых мы еще расскажем тебе в этой беседе, но тогда приемник утратит простоту.

Быстрая и точная настройка приемника с обратной связью достигается опытом. При приеме мощных близко расположенных радиовещательных станций настройка приемника проста. Сначала нужно вращать ручку настройки до получения наибольшей громкости. Затем следует установить величину обратной связи такой, чтобы передача была слышна еще лучше, но не возникало генерации.

При приеме дальних станций обратную связь доводят до появления в телефонах или громкоговорителе шума, характеризующего возникновение слабой генерации, и медленно вращают ручку настройки. Радиостанция при этом обнаруживается по появлению свиста высокого тона. Дальнейшее очень медленное вращение ручки настройки сопровождается снижением высоты тона, а затем снова повышением его. Ручка настройки должна быть установлена в среднее положение относительно свистов. Затем обратную связь уменьшают до срыва генерации и незначительным поворотом ручки настройки подстраивают контур до получения наиболее громкого приема.

Настраивают приемник обычно одновременно обеими руками: одной рукой вращают ручку настройки, а другой регулируют обратную связь.

Напоминаем: пользуясь приемником с обратной связью, старайся не оставлять его в режиме генерации, не засоряй эфир помехами, не будь «свиньей в эфире», как радиолюбители называют владельцев генерирующих приемников.

ПРИЕМНИК-РАДИОТОЧКА

Этот приемник является разновидностью предыдущего, но с диодным детектированием и без обратной связи. Рассчитан он на прием программ одной радиовещательной станции. Вмонтировать его можно в ящик трансляционного громкоговорителя — получится приемник-радиоточка.

Принципиальные схемы батарейного и сетевого вариантов этого приемника показаны на рис. 216. Отметим только некоторые особенности их.

Колебательный контур обоих вариантов приемника, образуемый катушкой L, конденсатором C_2 и антенным устройством, постоянно настроен на одну радиовещательную станцию. Настройка контура на эту радиостанцию осуществляется подбором индуктивности катушки L и емкости конденсатора C_2. Модулированные колебания высокой частоты, возникающие в контуре, через конденсатор C_3 поступают на анод диода лампы $Л_1$ и детектируются этим диодом. Нагрузкой цепи диода служит резистор R_1. С него колебания низкой частоты через конденсатор C_4 подаются на управляющую сетку лампы $Л_1$ и усиливаются ею. Что происходит далее с колебаниями низкой частоты, ты разберешься сам.

В первом каскаде этого приемника роль конденсатора C_3 иная, чем в сеточном детекторе. В данном случае он является разделительным: через него к лампе свободно проходят высокочастотные колебания, но он не пропускает колебаний низкой частоты, получающиеся в цепи диодного детектора, которые должны идти на управляющую сетку лампы.

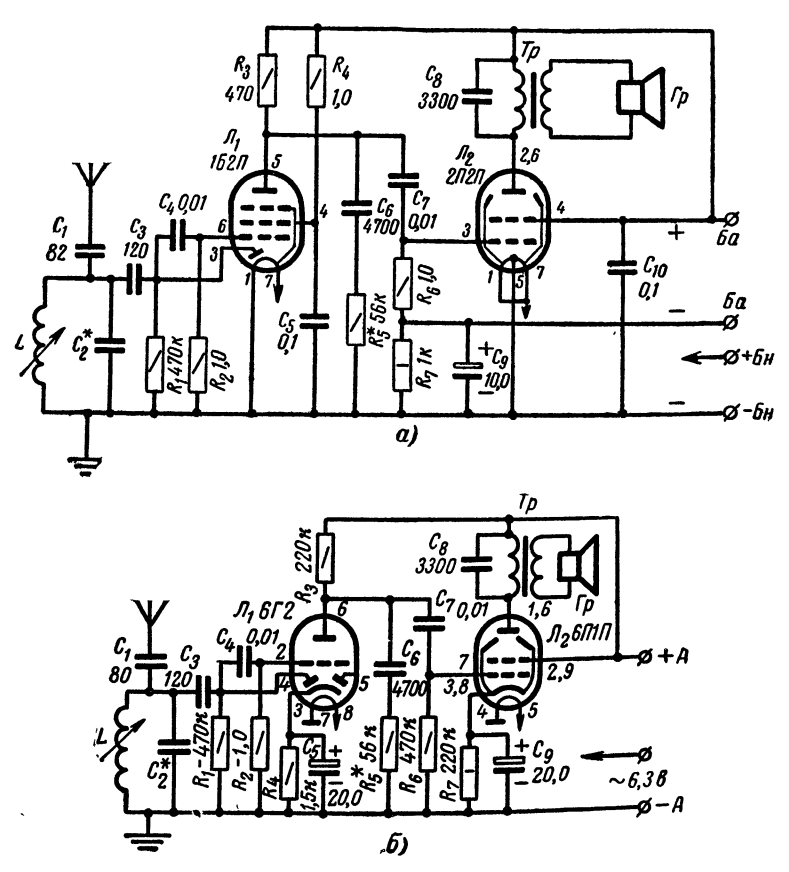


Рис. 216. Принципиальные схемы приемника-радиоточки.

а — батарейного; *б* — сетевого.

Почему в этом приемнике мы рекомендуем диодное детектирование? А потому, что диодный детектор вносит меньше искажений, чем сеточный. Сеточный детектор хорош тем, что он позволяет ввести обратную связь, повышающую чувствительность приемника. Но при приеме передач близко расположенной или мощной отдаленной радиовещательной станции обратная связь не дает большого усиления. В таких случаях сеточный детектор целесообразнее заме-

нять диодным. Усиление при этом несколько снизится, но зато улучшится качество приема.

Обращаем твое внимание на цепи накала и смещения выходной лампы батарейного приемника.

Нить накала лампы 2П2П состоит из двух частей, которые можно соединять последовательно или параллельно. Каждая из них рассчитана на напряжение 1,2 *в* и ток 60 *ма*. Если обе части нити соединить последовательно, то батарея, питающая нить накала, должна давать напряжение 2,4 *в*. При этом нить накала будет потреблять ток 60 *ма*. Если же половинки нити соединить параллельно, то нужна будет батарея с напряжением 1,2 *в*. Ток, потребляемый нитью накала, в этом случае увеличится вдвое и составит 120 *ма*. В нашем приемнике обе секции соединены параллельно, чтобы нити накала обеих ламп можно было питать от одной батареи.

В общую цепь питания анодов обеих ламп и экранирующей сетки второй лампы этого приемника между отрицательными полюсами анодной и накальной батарей включен резистор R_7. Это резистор автоматического смещения. На нем падает часть напряжения анодной батареи (около 4,5 *в*). Поскольку управляющая сетка лампы 2П1П соединена через резистор R_6 с концом резистора R_7, который соединен с минусом анодной батареи, на сетке по отношению к катоду получается необходимое напряжение смещения. Конденсатор C_9 шунтирует резистор автоматического смещения.

В обоих вариантах приемника параллельно анодной цепи первой лампы, являющейся предварительным усилителем низкой частоты, включена цепочка из конденсатора C_6 и резистора R_5, улучшающая тембр звука. Желательный тембр звука устанавливается при налаживании приемника путем подбора резистора. Чем меньше его сопротивление, тем заметнее «срезаются» наиболее высокие звуковые частоты, тем «басистее» звук.

Емкости конденсаторов и сопротивления резисторов указаны на принципиальных схемах. Конденсаторы C_1, C_2, C_3 и C_8 — керамические или слюдяные, остальные — бумажные. Электролитические конденсаторы на рабочее напряжение 10—20 *в*. Емкость конденсатора C_2 при настройке контура придется подбирать опытным путем в пределах от 330 до 560 *пф*.

Катушка колебательного контура должна иметь подстроечную секцию либо высокочастотный сердечник, чтобы во время настройки контура индуктивность ее можно было изменять в небольших пределах. Количество витков катушки должно соответствовать тому диапазону волн, в котором работает местная радиостанция.

Для приемника подойдет любой абонентский громкоговоритель электродинамической системы с его согласующим трансформатором, который используется как выходной, и регулятором громкости. Важно лишь, чтобы в его ящике нашлось место для размещения приемника. Одна из возможных конструкций батарейного варианта такого приемника показана на рис. 217. Сам приемник смонтирован

на Г-образной панели примерно таких размеров: ширина 60, длина 150 и высота 40 *мм*. Панель прикреплена ко дну ящика шурупами. Анодная цепь выходной лампы соединена с первичной обмоткой трансформатора двумя изолированными проводниками.

Панель приемника сделай из листовой стали, алюминия или дюралюминия толщиной 1,5—2 *мм*. Советуем сначала вырезать из

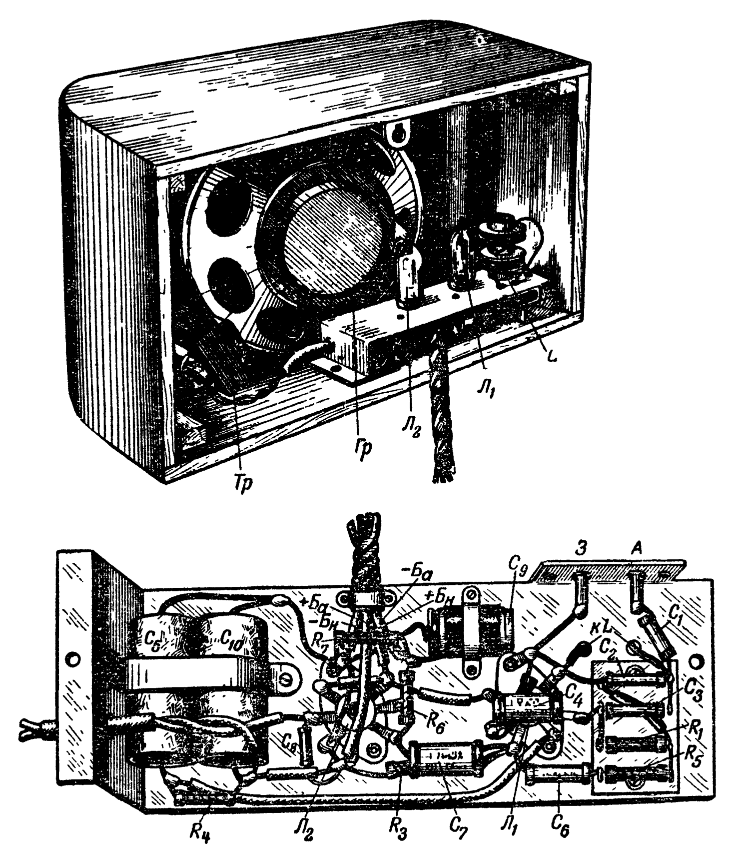


Рис. 217. Возможная конструкция приемника-радиоточки.

картона или толстой бумаги выкройку панели, подогнать ее по ящику имеющегося громкоговорителя и разместить на ней все детали, чтобы уточнить размеры и расположение отверстий. Металлическую панель вырезай и изгибай по этой выкройке.

Укрепляя ламповые панельки, под гайки болтиков подложи жестяные контактные лепестки. К ним будешь припаивать детали и монтажные проводники, которые должны соединяться с землей. Конденсаторы и резисторы входной части схемы располагай на монтажной планке возле панельки первой лампы.

Проводники питания укрепи на панели при помощи жестяного хомутика. Остальные конденсаторы и резисторы припаивай непосредственно к контактным лепесткам ламповых панелек, заземленным лепесткам и другим деталям, не наращивая их выводов.

Обращаем внимание на крепление электролитического конденсатора C_9. Его положительная обкладка должна соединяться с панелью, а отрицательная — с отрицательным полюсом анодной батареи. Чтобы осуществить электрический контакт с алюминиевым корпусом конденсатора, наложи на него жестяную пластинку с язычком для припайки резисторов R_6 и R_7 и проводника анодной батареи, а сверху эту пластинку оберни картонной полоской. Так ты изолируешь корпус конденсатора и контактную пластинку от панели и крепежного хомутика. Имей в виду: если корпус конденсатора случайно окажется соединенным с панелью, то выходная лампа будет работать без смещения.

В колебательном контуре приемника использована катушка с подстроечной секцией, о которой мы рассказывали в шестой беседе. Налаживание приемника сводится в основном к настройке колебательного контура и подбору наиболее приятного тембра звука. Грубая настройка контура на частоту радиостанции достигается подбором емкости конденсатора C_2, включаемого в контур, а точная — изменением положения подстроечной секции относительно основной катушки. Точная настройка контура определяется по наибольшей громкости работы приемника. Настроив контур, подстроечную секцию закрепи на каркасе каплей клея.

Если для контура будешь использовать катушку с высокочастотным сердечником, то подбери сначала емкость конденсатора C_2, а затем подстраивай контур сердечником.

Если в вашем районе хорошо слышна не одна, а две радиостанции, приемник можно дополнить еще одним контуром, настроенным на волну второй станции, и переключателем, при помощи которого в цепь диода лампы 1Б1П можно будет включать любой из этих контуров. Получится двухпрограммный приемник.

Значительная часть наших советов, касающихся конструкции батарейного варианта, в равной степени относится и к сетевому приемнику. В этом случае у тебя откроются широкие просторы для творческого подхода к решению конструкторской задачи. В этом же ящике, например, можно разместить и выпрямитель, собранный на диодах с малогабаритным автотрансформатором, причем этот блок питания не обязательно монтировать вместе с приемником — их можно разместить по обе стороны от головки громкоговорителя. Кроме того, приемник и выпрямитель можно смонтировать на плоской панели с отверстием под головку громкоговорителя, чтобы укрепить панель в вертикальном положении. Усилитель этого приемника можно использовать и для воспроизведения грамзаписи, подключая звукосниматель параллельно резистору R_2.

Решай сам, как интереснее и лучше сделать.

Один вопрос: можно ли громкоговоритель нашего приемника использовать по прямому его назначению — включать в трансляционную сеть? Можно, конечно. Для этого надо только иметь в приемнике переключатель, которым первичная обмотка трансформатора могла бы подключаться к анодной цепи выходной лампы либо соединяться со шнуром, идущим к штепсельной розетке радиотрансляционной сети.

О ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ, ИЗБИРАТЕЛЬНОСТИ И УСИЛЕНИИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Когда дают оценку тому или иному приемнику, имеют в виду не только громкость и естественность звука, воспроизводимого его громкоговорителем или телефоном, что определяется главным образом схемой и качеством работы усилителя низкой частоты, но и такие важные параметры его, как *избирательность* и *чувствительность*.

Под термином «избирательность» подразумевают способность приемника выделять из всех колебаний высокой частоты, возникающих в его антенне, колебания только той частоты, на которую он настроен. Когда приемник четко выделяет станцию, на которую он настроен, о нем говорят, как о приемнике с хорошей избирательностью. Если при приеме какой-то станции прослушиваются другие близкие по частоте радиостанции, о таком приемнике говорят, что его избирательность плохая или недостаточно хорошая.

Повышение избирательности достигается уменьшением емкости антенного конденсатора, увеличением числа колебательных контуров, настраиваемых на частоту радиостанции. Так, например, если в цепь управляющей сетки лампы, работающей в режиме сеточного детектирования, включить настраивающийся контур, индуктивно связанный с антенным настраивающимся контуром, то избирательность приемника возрастает.

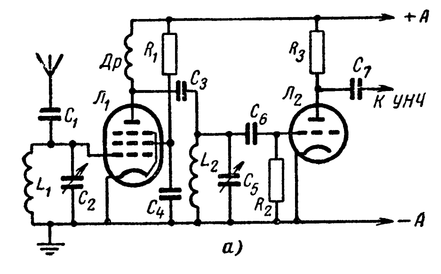
Второй качественный показатель приемника — чувствительность — характеризует способность его «отзываться» на слабые сигналы отдаленных станций. Если приемник не реагирует на сигналы отдаленных станций, говорят, что он обладает малой или плохой чувствительностью. Если же он принимает большое количество отдаленных и маломощных станций, говорят, что этот приемник обладает хорошей чувствительностью.

Чувствительность приемника зависит от качества антенны и заземления, используемых в нем радиоламп, схемы его.

Приемник с обратной связью, например, значительно чувствительнее такого же приемника без обратной связи. Обратная связь, кроме того, повышает и избирательность приемника. Но тот же приемник станет еще более чувствительным и избирательным, если

перед детектором будет усилитель высокой частоты с настраивающимися колебательными контурами.

На рис. 218 приведены две наиболее распространенные схемы приемника с усилителем высокой частоты на пентоде. В обеих схемах лампа $Л_2$ (триод или пентод) является сеточным детектором. Создающиеся в их анодных цепях электрические колебания звуковой частоты подаются к дополнительным усилителям низкой частоты (УНЧ), которые на схемах не показаны. Левые части схемы — каскады усиления высокой частоты.



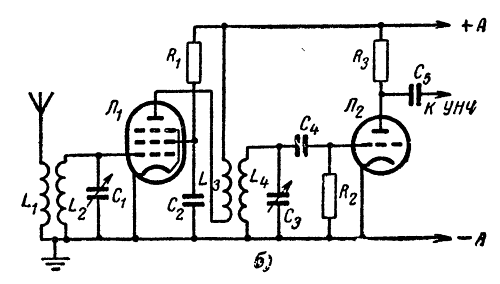


Рис. 218. Упрощенные схемы радиоприемника с усилителем высокой частоты..

Рассмотрим сначала схему на рис. 218, *а*. Здесь принятые антенной модулированные колебания высокой частоты поступают через конденсатор C_1 в контур L_1C_2. Лампа $Л_1$ усиливает эти колебания. В ее анодную цепь, связанную конденсатором C_3 с контуром L_2C_5 детекторного каскада, включен дроссель высокой частоты *Др*. Дроссель оказывает переменному току большое сопротивление, благодаря чему на этом участке цепи анодный ток разделяется на составляющие — постоянную и переменную высокочастотную. Постоянная составляющая идет через дроссель, а высокочастотная — через конденсатор C_3 в контур L_2C_5. При настройке обоих контуров на частоту принимаемой станции в контуре L_2C_5 получаются во много раз более сильные колебания высокой частоты, чем во входном контуре. Эти колебания детектируются лампой $Л_2$ и с ее анодной нагрузки R_3 подаются через конденсатор C_5 на усилитель низкой частоты.

Конденсатор C_3 в данной схеме выполняет роль «мостика», пропускающего высокочастотную составляющую. Это разделительный конденсатор. Если он будет пропускать постоянный ток, источник питания анодных цепей окажется замкнутым накоротко через дроссель *Др* и катушку L_2 — приемник работать не будет, а дроссель и катушка могут испортиться. Емкость этого конденсатора 270—510 *пф*.

Теперь о схеме на рис. 218, *б*. Здесь антенна, заземление и катушка L_1 образуют входной апериодический, т. е. нена-

страивающийся, колебательный контур. Индуктивность катушки L_1 подбирают такой, чтобы собственная частота этого контура была ниже самой низкой частоты данного диапазона.

Катушка L_1 и индуктивно связанная с нею катушка L_2 образуют трансформатор высокой частоты. Проходящие через антенную катушку L_1 токи высокой частоты возбуждают вокруг нее переменное магнитное поле, которое создает в катушке L_2 колебания различных частот. В контуре же L_2C_1 наибольшую амплитуду имеют колебания лишь той частоты, на которую он настроен. Он как бы «выбирает» колебания нужной частоты, которые усиливаются лампой $Л_1$.

В анодную цепь лампы $Л_1$ включена катушка L_3, тоже образующая с катушкой L_4 второго колебательного контура трансформатор высокой частоты. Протекающий по анодной катушке L_3 ток высокой частоты возбуждает в катушке L_4 детекторного контура колебания точно такой же частоты. Лампа $Л_2$ детектирует эти колебания.

Подведем итог. В обеих схемах модулированные высокочастотные колебания усиливаются первым каскадом, а затем детектируются во втором каскаде приемника. В первой схеме связь антенны с колебательным контуром высокочастотного каскада и последнего с детекторным — емкостная, а во второй схеме — индуктивная. Первая схема проще. Вторая схема сложнее, но избирательность ее выше.

Каскад усиления высокой частоты увеличивает чувствительность приемника, а применение в нем настраивающегося колебательного контура повышает его избирательность. Однако этими качествами приемник будет обладать только в том случае, если оба колебательных контура будут точно настраиваться на частоту сигнала радиостанции. Чтобы производить одновременную настройку обоих контуров, в них используют совершенно одинаковые конденсаторы переменной емкости, роторы которых имеют общую ось, вследствие чего емкости этих конденсаторов изменяются одновременно.

Чувствительность и избирательность приемника можно улучшить, если добавить второй каскад усиления высокой частоты. Однако радиолюбители обычно ограничиваются одним каскадом, так как налаживание двухкаскадного высокочастотного усилителя связано с большими трудностями.

Приемник с каскадом усиления высокой частоты будет следующим шагом в твоем практическом освоении радиотехники. Расскажем о двух вариантах такого приемника — батарейном и сетевом.

ТРЕХЛАМПОВЫЙ БАТАРЕЙНЫЙ ПРИЕМНИК

Принципиальная схема трехлампового батарейного приемника показана на рис. 219. Разберемся в ней.

Приемник содержит каскад усиления высокой частоты, сеточный детектор с обратной связью и каскад усиления низкой частоты. Рассчитан он на прием радиостанций длинноволнового и средневолнового диапазонов.

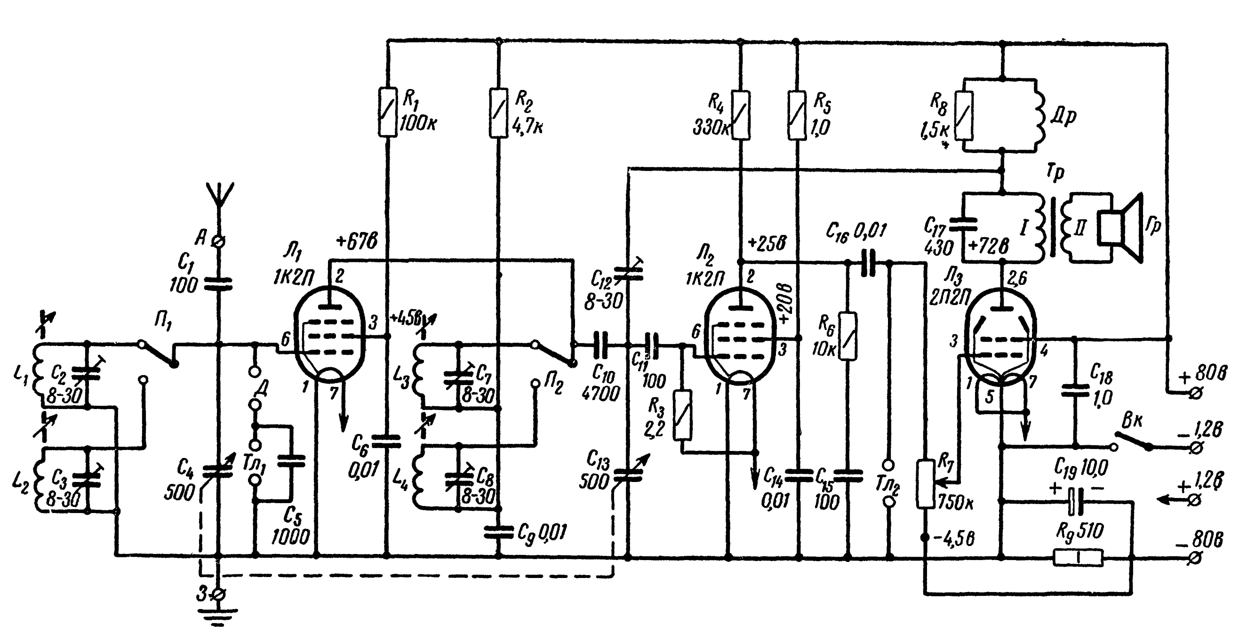


Рис. 219. Принципиальная схема трехлампового батарейного приемника.

В усилителе высокой частоты работает лампа 1К2П, в сеточном детекторе — также лампа 1К2П и в усилителе низкой частоты — лампа 2П2П. Нити накала всех ламп, в том числе и половины нити лампы $Л_3$, соединены параллельно и питаются от одной батареи. Цепи анодов и экранирующих сеток ламп также питаются от одной батареи.

В первых двух каскадах могут работать лампы 1К1П, а в выходном — лампа 2П1П, но тогда вдвое увеличится расход энергии накальной батареи.

Модулированные колебания высокой частоты, возбуждаемые в антенне радиоволнами, через конденсатор C_1 поступают во входной контур приемника, включенный в цепь управляющей сетки лампы $Л_1$, и усиливаются этой лампой. При помощи переключателя $П_1$ в контур включается средневолновая катушка L_1 или длинноволновая катушка L_2. Плавная настройка контуров в обоих диапазонах этого каскада осуществляется конденсатором переменной емкости C_4.

Одновременно в анодную цепь лампы $Л_1$ при помощи переключателя $П_2$ включается соответственно средневолновая катушка L_3 либо длинноволновая L_4. Включенная катушка вместе с конденсатором переменной емкости C_{13} образует анодный колебательный контур, настраиваемый на ту же частоту, что и входной контур. Наиболее сильные колебания в анодном контуре возникают лишь тогда, когда оба контура настроены в резонанс с частотой принимаемой радиостанцией.

Анодный контур лампы усилителя высокой частоты одновременно входит в цепь управляющей сетки лампы $Л_2$, работающей в режиме сеточного детектирования. В ее анодную цепь включена нагрузка R_4. Получающаяся на нагрузке R_4 переменная составляющая низкой частоты через разделительный конденсатор C_{16} поступает на резистор регулятора громкости R_7, а с него — на управляющую сетку выходной лампы $Л_3$. Усиленные этой лампой колебания низкой частоты с помощью выходного трансформатора *Тр* подаются на громкоговоритель *Гр* и преобразуются им в звук.

Отрицательное напряжение на управляющую сетку лампы $Л_3$ подается через переменный резистор R_7 с резистора смещения R_9, по которому протекают токи анодов и экранирующих сеток всех ламп приемника. Резистор смещения заблокирован электролитическим конденсатором C_{19}. Конденсатор C_{18} блокирует анодную батарею для переменных составляющих анодно-экранных цепей ламп приемника. Резисторы R_1 и R_5 и конденсаторы C_6 и C_{14} — детали цепей экранирующих сеток первых двух ламп. Экранирующая сетка выходной лампы соединена непосредственно с плюсом анодной батареи; *Вк* — выключатель питания приемника.

Контурные катушки имеют высокочастотные магнитные сердечники, позволяющие изменять в некоторых пределах их индуктивность, что облегчает подстройку контуров в резонанс в конце каждого

диапазона. Параллельно катушкам подключены подстроечные конденсаторы C_2, C_3, C_7 и C_8. Они предназначены для подстройки контуров в резонанс в начале диапазонов.

Что нового, еще незнакомого тебе есть в этой схеме?

Первое. В анодную цепь лампы $Л_1$ между плюсом анодной батареи и катушками L_3 и L_4 включен резистор R_2, а между точкой соединения этого резистора с катушками и заземленным проводником — конденсатор C_9. Эти детали образуют так называемую ячейку развязывающего фильтра, или развязку. Емкостное сопротивление конденсатора C_9 для переменных токов, протекающих в анодной цепи лампы, меньше сопротивления резистора R_2. Поэтому высокочастотная составляющая анодного тока через конденсатор замыкается на катод, не проникая в цепи общего питания, откуда она может попасть в другие цепи приемника. Конденсатор развязки одновременно предупреждает проникновение в анодную цепь лампы $Л_1$ переменных токов из других цепей. Таким образом, развязывающий фильтр устраняет паразитную связь между каскадами приемника. Такого фильтра не было ни в одном из предыдущих приемников.

Второе. В цепь управляющей сетки лампы $Л_2$ постоянно включен конденсатор C_{10} емкостью 4 700 *пф*. Это своеобразный предохранитель на случай замыкания между обкладками конденсатора C_{13}. На настройку контура он практически не оказывает никакого влияния, так как его емкость во много раз больше емкости конденсатора C_{13}. Приемник будет работать и без него. Но если обкладки конденсатора C_{13} случайно соединятся, то анод лампы $Л_2$ окажется замкнутым на общий минус. Приемник, разумеется, перестанет работать, а анодная батарея будет бесполезно разряжаться через резистор R_2.

Третье. В этом приемнике способ осуществления обратной связи значительно отличается от тех, о которых рассказывалось раньше. В предыдущих приемниках высокочастотные колебания подавались в контур сеточного детектора из анодной цепи той же лампы. Здесь же они подаются из анодной цепи выходной лампы. Для этой цели в анодную цепь выходной лампы последовательно с первичной обмоткой выходного трансформатора включен высокочастотный фильтр, состоящий из досселя *Др* и резистора R_8, с которого высокочастотная составляющая через подстроечный конденсатор C_{12} подается в цепь сетки детекторной лампы. В остальном обратная связь работает так же, как и в предыдущих схемах.

Наивыгоднейшая величина обратной связи подбирается во время налаживания приемника изменением емкости конденсатора C_{12}. Цепочка, составленная из сопротивления R_6 и конденсатора C_{15}, обеспечивает постоянство обратной связи при всех настройках приемника. Однако если на некоторых участках диапазонов появится генерация, надо будет опытным путем подобрать резисторы R_6 и R_8, изменяя их сопротивления в пределах 25—30%.

Четвертое. Приемник имеет две пары гнезд для включения телефонов. Сделано это для того, чтобы в целях экономии энергии ба-

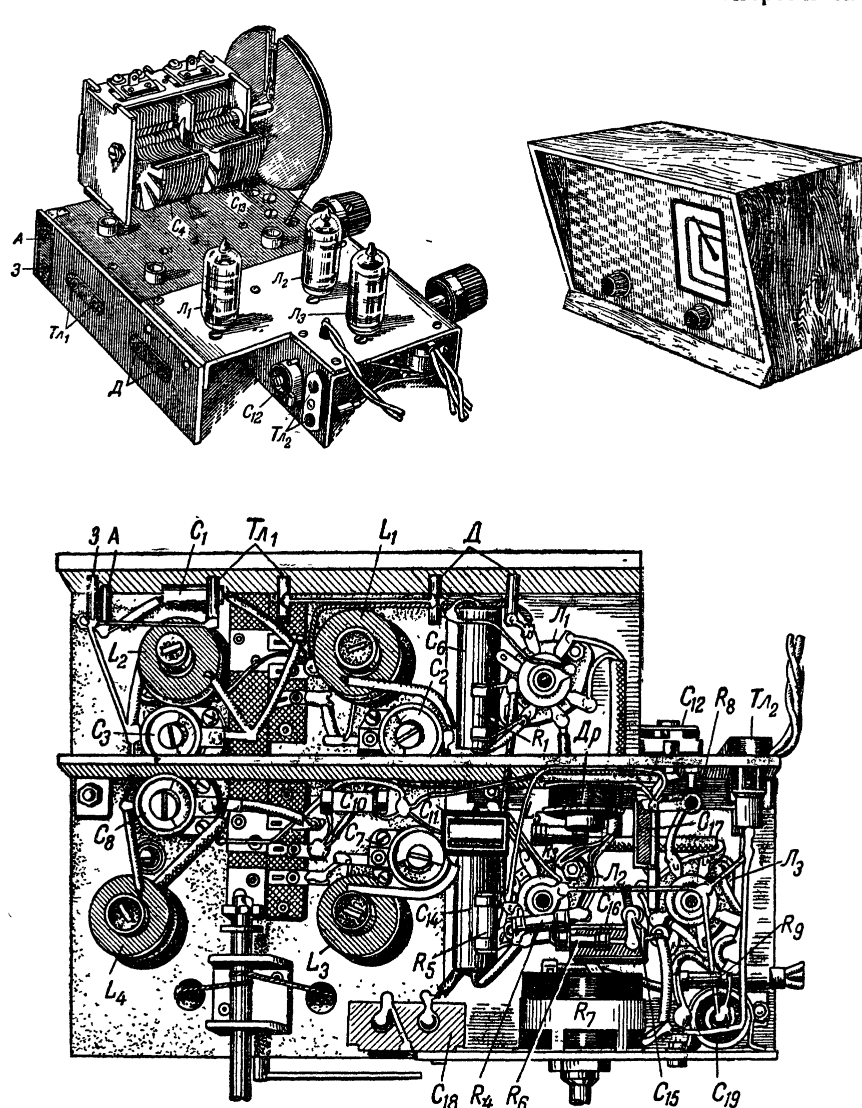


Рис. 220. Конструкция и монтаж трехлампового батарейного радиоприемника.

тарей приемник можно было использовать как двухламповый или детекторный. В первом случае телефоны включаются в гнезда *Тл*$_2$, а лампа *Л*$_3$ удаляется из ее панельки. Во втором случае телефоны

включаются в гнезда $Тл_1$, а детектор, смонтированный на двухполюсной штепсельной вилке, — в гнезда *Д*; при этом батареи к приемнику присоединять не нужно.

Вопрос о комплекте батарей для питания приемника ты решишь сам.

Конструкция, детали и монтаж. Конструкцию шасси, расположение на нем деталей, монтаж и общий вид готового приемника ты видишь на рис. 220. Шасси приемника состоит из четырех частей, соединенных при помощи болтиков. Часть горизонтальной панели, на которой укреплены блок конденсаторов пере-

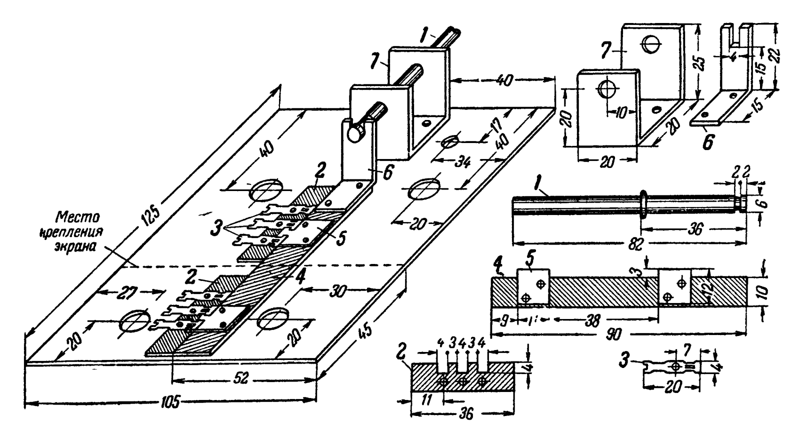


Рис. 221. Устройство переключателя диапазонов и крепление его на панели.

менной емкости, контурные катушки и переключатель диапазонов, изготовлена из листового гетинакса толщиной 1—1,5 *мм*. Ее можно выпилить и из 2—3-миллиметровой фанеры, но такую панель надо хорошо просушить, а затем пропитать парафином или лаком. Та же часть шасси, на которой размещены лампы, переменный резистор R_7 и другие детали приемника, вырезана из листового алюминия или мягкой листовой стали толщиной 1—1,5 *мм*. Снизу укреплена металлическая перегородка, разделяющая «подвал» шасси на две части; она служит экраном между высокочастотным и остальными каскадами приемника. Задняя стенка шасси сделана из фанеры. Общая длина шасси 190, ширина 130 и высота 43 *мм*.

Размеры и разметка отверстий первой части горизонтальной панели шасси и устройство переключателя диапазонов приведены на рис. 221.

Переключатель диапазонов самодельный и монтируется прямо на панели. Ось переключателя служит одновременно осью ручки настройки приемника. В панели просверлены четыре отверстия диаметром 12 *мм*, в которые плотно вставляются и вклеиваются каркасы контурных катушек.

Для переключателя заготовь из гекстолита, гетинакса или хорошо проклеенной березовой фанеры три планочки: две длиной по 34—36 *мм* (деталь *2*) и одну длиной 90 *мм* (деталь *4*). К коротким планочкам, сделав в них пропилы, как показано на рисунке, приклепай замыкающие контакты (деталь *3*) от испорченного переключателя или полоски, вырезанные из листовой гартованной латуни (в крайнем случае из жести). Толщина контактных полосок может быть 0,2—0,3, длина 20 и ширина 4—5 *мм*. Короткие планки вместе с контактами приклепай к панели. К длинной планочке приклепай две замыкающие пластинки (деталь *5*), вырезанные из листовой латуни или жести, и угольник (деталь *6*), изготовленный из стали толщиной 0,3—0,4 *мм*. В угольнике сделай пропил для канавки оси переключателя. Ось переключателя (деталь *1*) можно сделать

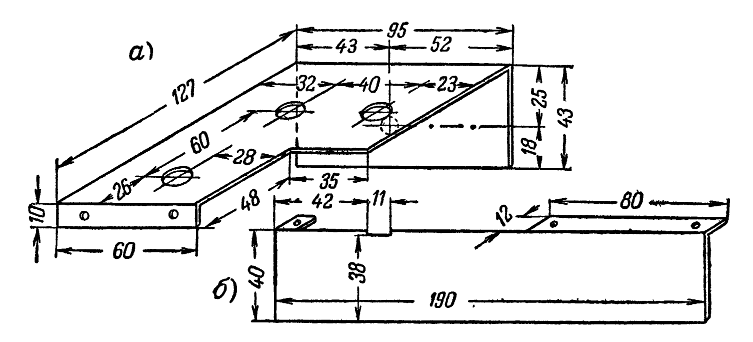


Рис. 222. Металлическая часть шасси (*а*) и экран (*б*) трехлампового батарейного приемника.

из толстого гвоздя. Скобу, удерживающую ось переключателя (деталь *7*), изготовь из мягкой стали толщиной 1,5—2 *мм*. Ось должна свободно вращаться в отверстиях скобы и в то же время вместе с длинной планочкой переключателя перемещаться продольно.

Переключатель действует так. Если потянуть ось на себя (см. рис. 220), то контактные пластинки длинной подвижной планки замкнут две пары контактов неподвижных планок и включат средневолновые катушки. Если же нажать на ось, длинная пластинка передвинется обратно и ее замыкающие пластинки включат длинноволновые катушки. Чтобы избежать бокового смещения подвижной планки переключателя, в экране шасси сделан пропил, устраняющий это смещение. Для ограничения же продольного движения оси на нее между угольником и скобой напаяно проволочное колечко.

Устройство и размеры металлической части шасси и экрана показаны на рис. 222.

Для плавной настройки контуров используется сдвоенный блок конденсаторов переменной емкости. На его оси укреплен шкив настройки приемника (рис. 223). Шкив состоит из двух кружков диаметром 85 *мм* и кружка диаметром 80 *мм*. Выпили их из фанеры и

склей так, чтобы они не коробились. В центре просверли отверстие, в которое должна туго входить ось блока конденсаторов, а по радиусу сделай пропил для пружинки, натягивающей тросик.

Со стороны диска, противоположной блоку конденсаторов, привинти стальную пластинку с припаянной к ней трубочкой диаметром 5 *мм*. В трубочку вставь укороченную ножку от штепсельной вилки с припаянным к ней кусочком медного провода толщиной 1—1,5 *мм*, выполняющим роль стрелки шкалы настройки приемника.

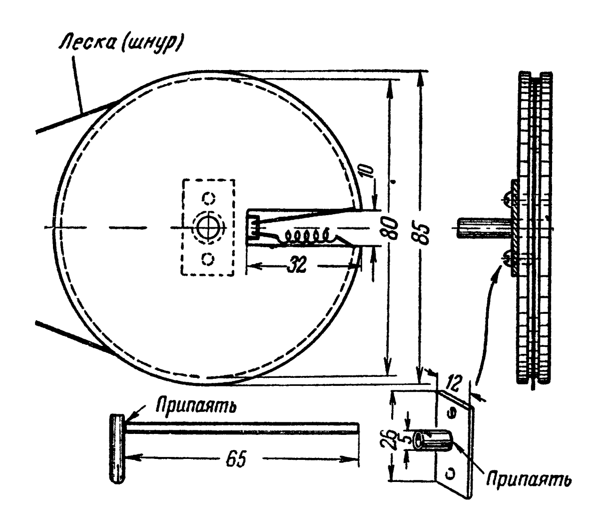


Рис. 223. Шкив для оси блока конденсаторов настройки

Передача вращения с оси блока конденсаторов на шкив шкалы настройки осуществляется при помощи рыболовной лески (желательно капроновой) или прочного, но тонкого шнура, охватывающих ось и шкив. Концы лески (шнура) закрепляются на металлической скобочке в глубине выреза в шкиве: один — непосредственно, второй — через пружинку или резинку. Пружинка или резинка сохраняет необходимое натяжение лески.

Контурные катушки — самодельные. Об их устройстве мы рассказали в шестой беседе (см. рис. 107).

Устройство высокочастотного дросселя *Др* (рис. 224) аналогично устройству контурных катушек, но он без сердечника. Его каркасом служит картонная трубка диаметром 12 *мм*. Приклей к ней на расстоянии 10—12 *мм* друг от друга два картонных кольца. Между кольцами намотай «внавал» 400—500 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2. Дроссель укрепи на небольшой планке из изоляционного материала. Приклей к ней два жестяных лепестка, к которым при-

паяешь концы обмотки дросселя и резистора R_8. Планку с получившимся фильтром прикрепи к экрану панели приемника.

Выходной трансформатор *Тр* может быть заводским или самодельным. Для самодельного трансформатора нужен сердечник с площадью поперечного сечения 2,5—3 *см*². Его первичная обмотка должна содержать 3 500 витков провода ПЭЛ 0,1—0,12, а вторичная — 80 витков провода ПЭЛ 0,4—0,6. Трансформатор укрепи на доске рядом с громкоговорителем.

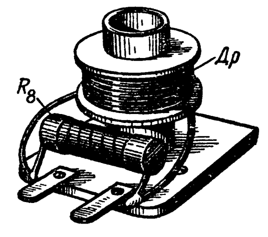


Рис. 224. Высокочастотный фильтр для обратной связи.

Мощность громкоговорителя не больше 1 *ва*. Это может быть динамик типа 0,25ГД-1, 0,5ГД-10, 1ГД-12 или им подобный.

Подстроечные конденсаторы могут быть любого типа, в том числе самодельными с наибольшей емкостью 30 *пф*. Электролитический конденсатор C_{19} на рабочее напряжение 10—20 *в*. Он крепится к панели так же, как аналогичный конденсатор в батарейном двухламповом приемнике. Переменный резистор R_7 типа ТК. Его выключатель используется для включения питания накала ламп.

Все детали должны быть прочно укреплены на шасси и надежно соединены. Участки монтажных проводов, близко расположенные к металлическим частям шасси или пропускаемые через экран, должны быть изолированы. Батареи подключаются к приемнику при помощи четырех гибких проводников.

Ящик приемника можно сделать из фанеры толщиной 6—8 *мм*. Шкалу настройки начерти на листе бумаги и наклей на переднюю стенку ящика. Держатель стрелки шкалы вставляется в трубочку шкива через отверстия в шкале и передней стенке ящика.

ТРЕХЛАМПОВЫЙ СЕТЕВОЙ ПРИЕМНИК

Принципиальная схема этого приемника изображена на рис. 225. Он, как и предыдущий приемник, двухдиапазонный и обладает неплохими чувствительностью и избирательностью. Выходная мощность приемника около 3 *вт*. Усилитель низкой частоты приемника может быть использован для воспроизведения грамзаписи, для чего предусмотрены гнезда *Зв* для включения звукоснимателя. Анодные цепи и цепи экранирующих сеток питаются от двухполупериодного выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах типа Д7Ж. Лампочка $Л_4$, рассчитанная на напряжение 6,3 *в*, является сигнальной и служит для освещения шкалы настройки приемника.

В каскаде усиления высокой частоты работает пентод 6Ж3П ($Л_1$). В его колебательный контур входят катушки L_1 и L_2, соединенные последовательно, конденсатор переменной емкости C_4, подстроечные конденсаторы C_2 и C_3 и, конечно, антенна и заземление.

Замкнутое положение переключателя $П_1$, когда в контур входит только катушка L_1, соответствует средневолновому, а разомкнутое — длинноволновому диапазону.

Модулированные колебания высокой частоты, на которые настроен входный контур, усиливаются лампой $Л_1$ и из ее анодной цепи, в которую включен высокочастотный дроссель *Др*, через конденсатор C_8 поступают во второй колебательный контур, аналогичный входному. При помощи конденсатора C_{12} и резистора R_4 модулированные колебания детектируются второй лампой приемника. Резистор R_3 и конденсатор C_7 образуют ячейку развязывающего

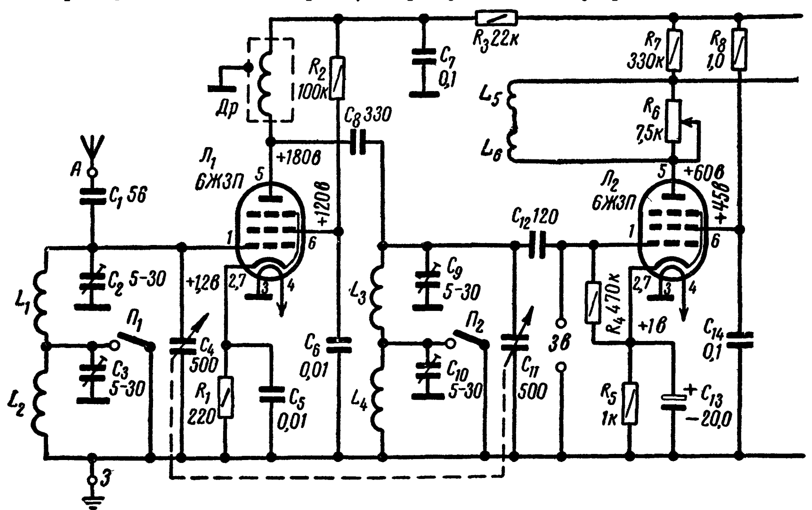


Рис. 225. Принципиальная схема трех-

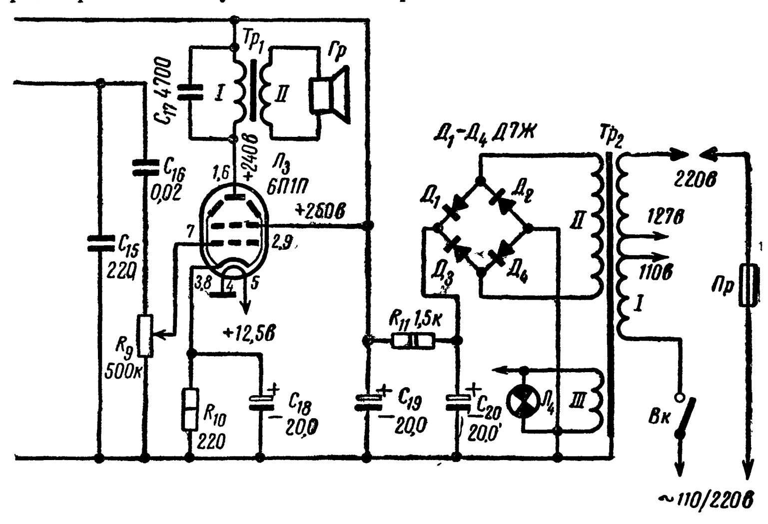
фильтра каскада высокой частоты, предотвращающую самовозбуждение приемника через анодные цепи ламп.

В детекторный каскад введена положительная обратная связь. Для этой цели в анодную цепь постоянно включены две последовательно соединенные катушки L_5 и L_6, индуктивно связанные с соответствующими им контурными катушками. Когда приемник настраивается в диапазоне средних волн, контурная катушка L_3 получает дополнительную энергию из анодной цепи в основном через катушку L_5. При настройке же приемника в длинноволновом диапазоне с одинаковой активностью действуют обе катушки обратной связи.

Величина обратной связи регулируется переменным резистором R_6.

Низкочастотная часть приемника хорошо знакома тебе по усилителю для воспроизведения грамзаписи (см. схему на рис. 177), только там регулятор громкости стоял в цепи сетки первой лампы усилителя, а здесь он стоит в цепи сетки выходной лампы.

Отметим лишь одну особенность режима работы лампы $Л_2$. При приеме радиовещательных станций эта лампа работает как сеточный детектор. В это время на ее управляющую сетку постоянное отрицательное напряжение смещения не подается, так как она соединена через резистор R_4 с катодом лампы, а не с общим минусом, как это было в предыдущих усилителях. Когда же в гнезда *Зв* включается электромагнитный звукосниматель, сетка лампы $Л_2$ оказывается соединенной с нижним концом резистора R_5 и на ней получается отрицательное смещение. В этом случае лампа $Л_2$ работает как предварительный усилитель напряжения низкой частоты. Но стоит



лампового сетевого радиоприемника.

отключить звукосниматель, как лампа $Л_2$ вновь начинает выполнять функции сеточного детектора. Таким образом, при работе от звукоснимателя детекторный каскад приемника становится предварительным усилителем напряжения низкой частоты. При этом катушки обратной связи не оказывают сколь-либо заметного влияния на работу каскада.

Учти: если звукосниматель пьезоэлектрический, к его выводным штырькам надо подключать резистор сопротивлением 100—120 *ком*, иначе лампа будет работать без смещения. Если же ты не собираешься использовать приемник для воспроизведения грамзаписи, то исключи из схемы резистор автоматического смещения R_5 и шунтирующий его конденсатор C_{13}, а катод лампы и нижний (по схеме) конец резистора R_4 соедини с общим минусом.

Лампа $Л_1$ получает отрицательное напряжение смещения с резистора R_1 через катушки L_1 и L_2, а лампа $Л_3$ — с резистора R_{10} через резистор R_9.

Переменный резистор R_9, являющийся регулятором громкости, действует как при приеме радиостанций, так и во время проигрывания грампластинок. Подстроечные конденсаторы C_2, C_3, C_9 и C_{10} нужны для точного согласования начальных емкостей обоих контуров приемника.

Назначения других деталей и цепей приемника мы здесь не разбираем, так как с ними ты знаком по предыдущим беседам.

Детали. В приемнике используются самодельные катушки колебательных контуров и обратной связи. Конструкция катушек детекторного контура показана на рис. 226. Средневолновая секция L_3 и относящаяся к ней катушка обратной связи L_5 — однослойные, а длинноволновая секция L_4 и относящаяся к ней катушка обратной связи L_6 — многослойные, намотанные между щечками «внавал».

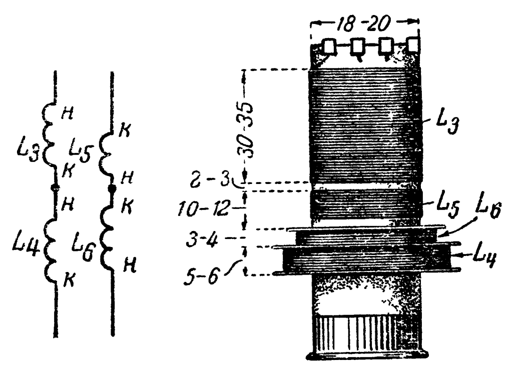


Рис. 226. Катушки детекторного контура.

Каркасом катушек служит картонная гильза охотничьего ружья 14—12-го калибра или склеенная из бумаги трубка диаметром около 20 *мм*. Для катушек L_3 и L_5 подойдет провод ПЭЛ 0,2—0,3. Такой же провод можно использовать и для катушек L_4 и L_6, но лучше ПШД или ПЭШО 0,18—0,25. Числа витков катушек: L_3 — 120—125, L_4 — 230—240, L_5 — 40—50, L_6 — 80—85. Выводы катушек припаяй к жестяным лепесткам, укрепленным вдоль верхнего края каркаса или в нижней его части.

Контурные катушки L_3 и L_4 обязательно должны быть намотаны в одну сторону и соединены последовательно, так чтобы катушка L_4 являлась продолжением катушки L_3. В противном случае приемник не будет перекрывать длинноволновый диапазон. Направление витков катушек обратной связи L_5 и L_6 должно быть противоположным направлению витков соответствующих им контурных катушек. Они могут быть намотаны в ту же сторону, что и контурные, но тогда они по отношению к контурным соединяются противоположными выводами (см. схему на рис. 226). Неправильное включение катушек обратной связи приведет к ослаблению приема. Исправить эту ошибку можно будет при испытании приемника, поменяв местами их выводы.

Точно так же устроены контурные катушки усилителя высокой частоты, только на их каркасе не должно быть катушек обратной связи.

Высокочастотный дроссель *Др* может быть любым, в том числе самодельным, как в батарейном приемнике. Его надо поместить в металлический экран в виде стаканчика, который заземляется (на схеме на рис. 225 экран показан пунктиром). В крайнем случае дроссель можно заменить четвертьваттным резистором сопротивлением 10—15 *ком*.

Переключатель диапазонов может быть любым, лишь бы он одновременно замыкал длинноволновые секции L_2 и L_4. Желательно, однако, использовать заводской двухплатный переключатель диапазонов (рис. 227). На каждой его плате смонтированы три переключателя, имеющие по три замыкающих контакта каждый. А всего на двух платах имеется шесть таких переключателей, действующих одновременно. Переключения с одного положения на другое и третье осуществляются поворотом оси.

В нашем приемнике будут использованы два положения и только две группы контактов — по одной на каждой плате. В дальнейшем, когда мы станем усложнять этот приемник, будут использованы почти все контактные группы переключателя диапазонов.

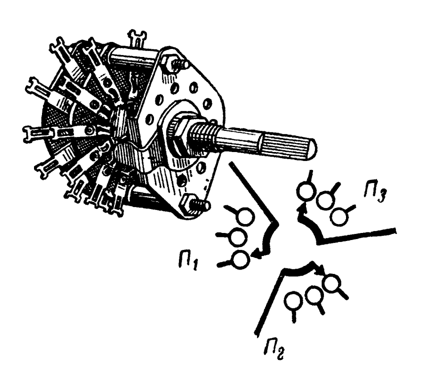


Рис. 227. Двухплатный переключатель диапазонов.

Переменный резистор R_9 типа ТК. Выключатель, смонтированный на нем, используется для включения питания (*Вк*).

Электролитические конденсаторы C_{13} и C_{18} — на рабочее напряжение 20—30 *в*, C_{19} и C_{20} — на рабочее напряжение 450 *в*. Емкость этих конденсаторов может быть значительно увеличена, что положительно скажется на работе радиоприемника. Емкость конденсаторов C_5, C_6, C_7 и C_{14} на схеме указана наименьшая. Конденсаторы C_8, C_{12}, C_{15} и C_{17} — слюдяные. Изменение их емкостей допустимо в пределах 20%. Емкость антенного конденсатора C_1 во время налаживания приемника может быть увеличена до 75—82 *пф*. Подстроечные конденсаторы — керамические типа КПК.

Особое внимание удели подбору громкоговорителя и выходного трансформатора. Для приемника нужен электродинамический громкоговоритель мощностью от 1 до 3 *ва*. Вместе с ним купи и выходной трансформатор, рассчитанный на лампу 6П1П или аналогичную ей 6П6С.

Если у тебя окажется громкоговоритель с подмагничиванием от приемника устаревшей марки, его тоже можно использовать для приемника. Катушку подмагничивания такого динамика включай либо параллельно конденсатору C_{20}, если она имеет сопротивление

порядка 10 000 *ом*, либо вместо сглаживающего фильтра, если сопротивление ее не больше 1 200 *ом*.

Мощность трансформатора питания *Тр* 60—70 *вт*. Подойдет трансформатор от многих современных приемников и переносных усилителей для воспроизведения грамзаписи. Для самодельного трансформатора нужен сердечник с площадью поперечного сечения керна 8—10 *см*^{2}. Предохранитель *Пр* на ток 2 *а* при напряжении сетки 127 *в* или 1 *а* при напряжении ее 220 *в*.

Конструкция и монтаж. Размеры шасси рекомендуемого приемника зависят от габаритов деталей, формы ящика, задуманного тобой. Возможно, в твоем распоряжении окажется испорченный приемник устаревшей модели, деталями и шасси которого ты вос-

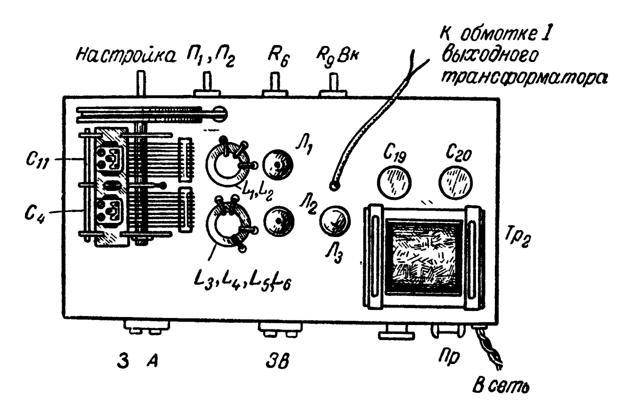


Рис. 228. Вид на шасси сверху.

пользуешься. Подготовь все детали, продумай, как их лучше разместить, чтобы цепи были возможно более короткими, монтаж — компактным, а уж тогда принимайся за шасси.

Примерное расположение основных деталей приемника на шасси показано на рис. 228. Сверху на горизонтальной панели шасси размещены блок конденсаторов переменной емкости, а рядом с ним — контурные катушки и лампы усилителя высокой частоты и сеточного детектора. На другой стороне шасси укреплены трансформатор питания и конденсаторы фильтра выпрямителя. Соединительные проводники, идущие к первичной обмотке выходного трансформатора, который крепится возле динамика на передней стенке ящика, выведены из подвала шасси возле выходной лампы. На задней стенке шасси против высокочастотной части приемника находятся гнезда антенны и заземления, против детекторной лампы — гнезда для звукоснимателя, рядом с трансформатором питания — предохранитель и колодочка переключения сетевой обмотки трансформатора на различные напряжения сети. Через переднюю стенку шасси выведена ось настройки приемника. Рядом укреплены переключа-

тель диапазонов, резистор обратной связи и регулятор громкости с выключателем сети. Свободное место на передней стенке шасси можно использовать для резистора регулирования тембра звука. Остальные детали смонтированы в подвале шасси.

Шкив блока конденсаторов и ручка настройки приемника сделаны так же, как в предыдущем приемнике. Если приобретешь блок конденсаторов со шкивом и шкалой, твоя работа по изготовлению приемника упростится.

Если шасси самодельное, для его горизонтальной панели используй листовой дюралюминий или мягкую листовую сталь толщиной 1—1,5 *мм*. Она используется как общий заземленный проводник. Боковые стенки шасси могут быть дощатыми или из фанеры толщиной 8—10 *мм*. Примерные размеры шасси: длина 280—300, ширина 140—150 и высота 45—50 *мм*. Вообще же желательно, чтобы шасси было цельнометаллическим.

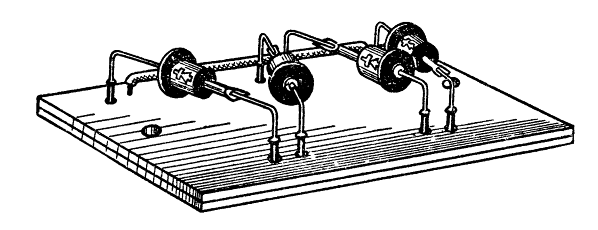


Рис 229. Монтаж выпрямителя.

Сверху и в подвале шасси окажется много свободного места. Тебя это сейчас не должно волновать — оно заполнится, когда ты превратишь этот приемник в супергетеродин.

Сборку и монтаж приемника делай в таком порядке. Сначала укрепи на шасси ламповые панельки, трансформатор питания, электролитические и подстроечные конденсаторы, затем — переключатель диапазонов, переменные резисторы, гнезда антенны, заземления и звукоснимателя, дроссель высокой частоты. Катушки колебательных контуров и блок конденсаторов крепи в последнюю очередь, может быть даже после того, как испытаешь усилитель. Сделай все соединения, которые заведомо не придется переделывать. К ним относятся, например, соединения элементов цепи накала и катодов ламп, заземление корпусов переменных резисторов. Проверь, надежны ли соединения сердечника трансформатора питания, корпусов переключателя и блока конденсаторов переменной емкости с панелью шасси, не замыкаются ли на шасси гнезда антенны, звукоснимателя. Затем монтируй выпрямитель, детали выходного и детекторного каскадов и заканчивай монтажом каскада высокой частоты.

Для диодов выпрямителя используй монтажную планку (рис. 229) и укрепи ее поблизости от конденсаторов фильтра.

Принимай меры, чтобы проводники сеточных и анодных цепей каждого каскада были по возможности удалены друг от друга и не проходили параллельно. Иначе между этими цепями может появиться паразитная связь, приводящая к самовозбуждению приемника. Проводники сеточных цепей должны быть предельно короткими. Нужно также стремиться к тому, чтобы все детали, относящиеся к данному каскаду, были сгруппированы около панельки его лампы. Но в то же время избегай нагромождения деталей. Значительную часть резисторов и конденсаторов располагай на монтажных планках.

Подумай об экранировке — ограждении проводников и деталей приемника от взаимной связи через образующиеся вокруг них электрические и магнитные поля. Без экранирования приемник будет склонен к самовозбуждению: в громкоговорителе могут возникнуть свист, вой, фон переменного тока. Представь себе, что в проводнике цепи управляющей сетки лампы $Л_2$ будет наводиться небольшое переменное напряжение от воздействия на него полей проводников сети или трансформатора питания. Это напряжение вместе с колебаниями звуковой частоты будет усилено двумя каскадами. В результате в громкоговорителе будет слышен сильный гул — фон переменного тока. Если в том же сеточном проводнике лампы $Л_2$ под воздействием на него полей анодных проводников выходной лампы будет наводиться переменное напряжение звуковой частоты, создастся паразитная обратная связь, которая может привести к самовозбуждению приемника по низкой частоте. Паразитная связь может возникнуть также между дросселем высокой частоты и сеточным проводником первой лампы, если не экранировать дроссель. Желательно экранировать проводники цепей управляющих сеток второй и третьей ламп и совершенно обязательно — проводник, идущий к управляющей сетке лампы $Л_2$ от незаземленного гнезда звукоснимателя. Для монтажа таких цепей используй проводники в металлических оболочках, которые соединяй с заземленным проводником.

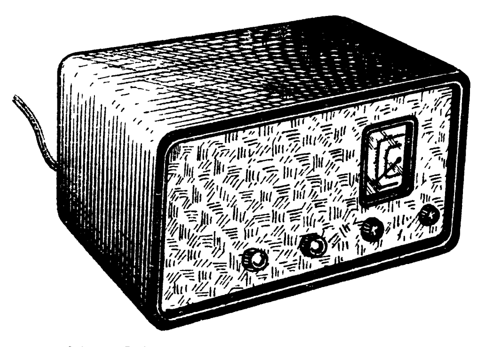


Рис. 230. Общий вид сетевого трехлампового радиоприемника.

Внешний вид готового приемника показан на рис. 230. Он аналогичен батарейному трехламповому приемнику. Его переднюю стенку, являющуюся отражательной доской динамика, обклей снаружи декоративной тканью. Для шкалы используй прозрачное органическое стекло толщиной 2,5—3 *мм*, которое в торец будет освещаться сигнальной лампочкой.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ

Трехламповые приемники, о которых сейчас шел разговор, — довольно сложные конструкции. В их схемах можно и «запутаться». Поэтому рекомендуем вычертить схему на большом листе бумаги и повесить ее на стене или положить перед собой на стол. Во время монтажа помечай на схеме вмонтированные детали и сделанные соединения какими-либо условными знаками, например обводи их кружочками. Это поможет избежать недоделок, будет способствовать плановости в работе.

Испытывать и налаживать приемник следует, конечно, до того, как он будет помещен в ящик.

Тщательно проверь монтаж по принципиальной схеме. Включив питание, проверь высокоомным вольтметром напряжения на электродах ламп. Величины этих напряжений, измеренные по отношению к заземленному проводнику, указаны на принципиальных схемах. Напряжения смещений измеряй на концах тех резисторов, которые для этой цели включены в схему. Если фактические напряжения на электродах ламп будут значительно отличаться от указанных в схеме, изменяй сопротивления резисторов, влияющих на эти напряжения.

Установив нормальный режим, подключи к приемнику антенну и заземление и настрой его на радиостанцию, работающую в начале какого-либо диапазона. При помощи подстрочных конденсаторов, включенных параллельно катушкам этого диапазона, добейся наибольшей громкости приема. Затем настрой приемник на радиостанцию, работающую в конце того же диапазона и, изменяя индуктивность одной из катушек (сердечником или изменением числа витков), также добейся наибольшей громкости приема. Подобным же способом подстрой в резонанс контуры другого диапазона. После этого проверь действие обратной связи.

При налаживании приемника попробуй изменять емкость антенного конденсатора. При уменьшении его емкости громкость приема несколько снижается, но зато улучшается избирательность приемника.

Более подробно о налаживании приемников мы расскажем в следующей беседе.

Для рекомендуемых здесь радиоприемников мы давали конкретные указания о конструкциях и данных катушек колебательных контуров. Однако использование в них именно таких катушек вовсе не обязательно. Настраивать контур в пределах того или иного диапазона можно также, применяя катушки других конструкций. В батарейном приемнике, например, можно использовать катушки сетевого приемника и, наоборот, в сетевом — конструкции катушек батарейного приемника, внеся в схему соответствующие изменения.

Во всех случаях предпочтение надо отдавать катушкам с сердечниками. Применение сердечников повышает качество контуров,

уменьшает размеры катушек и, кроме того, облегчает подстройку контуров в резонанс в конце диапазонов. Облегчает подстройку контуров и применение в них раздельных катушек для каждого диапазона.

Если отдельные катушки не имеют сердечников, то во время налаживания приемника бывает необходимо производить «подгонку» контуров под нужные диапазоны частот изменением индуктивности катушек путем увеличения или уменьшения числа их витков. Чтобы избавиться от этой кропотливой работы, в приемнике можно использовать катушки с подстроечными секциями, как это сделано в приемнике-радиоточке.

Значительные изменения могут претерпеть конструкция шасси и монтаж. Все зависит от наличия деталей. За основу сетевого трехлампового приемника, например, ты можешь взять конструкцию шасси и переключатель батарейного приемника. Но можно поступить иначе: для батарейного приемника сделать такое же шасси, как для сетевого приемника, или вообще использовать подходящее готовое шасси, которое можно купить в магазине культтоваров. Изменится только монтаж, а расположение основных деталей на шасси останется прежним.

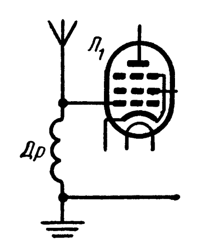


Рис. 231. Апериодический вход усилителя высокой частоты.

Какие еще изменения или дополнения можно внести в схему и конструкцию трехлампового приемника?

В приемник можно ввести регулятор тембра по любой из тех схем, о которых разговор был в двенадцатой беседе. Можно отказаться от положительной обратной связи, если не претендуешь на прием отдаленных станций. Поначалу приемник может быть без усилителя высокой частоты (в этом случае антенна через конденсатор небольшой емкости присоединяется непосредственно к контуру детекторного каскада), а несколько позже можно добавить высокочастотный усилитель.

Если у тебя будут затруднения с динамиком и деталями для выходного каскада, исключи этот каскад из схемы, а передачи слушай на высокоомный телефон, включив его в анодную цепь второй лампы.

Может случиться, что в твоем хозяйстве будет только одинарный конденсатор переменной емкости, а для трехлампового приемника нужны два конденсатора, к тому же спаренные. В этом случае до приобретения блока конденсаторов вход усилителя высокой частоты придется сделать апериодическим, т. е. ненастраивающимся. Для этого надо отключить от сетки первой лампы все детали, относящиеся к настраивающемуся колебательному контуру, а вместо них включить высокочастотный дроссель (рис. 231) или резистор сопротивлением 1—1,5 *Мом*. Настраивать же приемник будешь только конденсатором второго контура.

Почти во всех приемниках, предложенных тебе в этой беседе, использовалось сеточное детектирование. Только в приемнике-радиоточке было диодное детектирование. Однако в сетевых приемниках может быть применен другой способ детектирования, например, катодный (рис. 232). Называют его катодным потому, что напряжение низкой частоты, получающееся в результате детектирования, снимается с резистора $R_к$, включенного в цепь катода и являющегося нагрузкой лампы. Эта катодная нагрузка шунтируется по высокой частоте конденсатором $C_к$. Анод лампы для переменного тока заземлен через конденсатор $C_а$. Вместе с резистором $R_а$ он образует ячейку развязывающего фильтра.

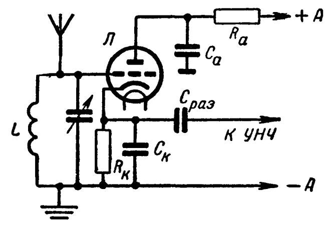


Рис. 232. Упрощенная схема катодного детектора.

Как работает катодный детектор?

На управляющей сетке лампы вследствие большого сопротивления катодного резистора создается большое отрицательное напряжение смещения, которое почти «запирает» лампу. При положительных полупериодах на сетке анодный ток увеличивается, а при отрицательных полупериодах он остается близким к нулевому значению. Иными словами, анодный ток появляется только при положительных полупериодах напряжения на сетке. Отрицательные полупериоды лампа подобно диоду как бы «срезает». Происходит детектирование. В результате на резисторе $R_к$ получается напряжение низкой частоты, которое через конденсатор $C_{раз}$ может быть подано к усилителю.

Катодный детектор по сравнению с сеточным при приеме местных мощных станций дает более качественное, естественное воспроизведение звука.

В катодном детекторе можно осуществить положительную обратную связь без применения специальной катушки.

Попробуй испытать такой детектор в твоем приемнике. Но при этом к приемнику придется добавить каскад усиления низкой частоты, так как катодный детектор не дает усиления.

Практическая схема катодного детектора с положительной обратной связью со всеми данными ее деталей приведена на рис. 233. Здесь, как и в предыдущей схеме, нагрузкой лампы служит катодный резистор R_1. Создающиеся на нем колебания низкой частоты через разделительный конденсатор C_5 и регулятор громкости R_5 подаются к усилителю низкой частоты. Высокочастотная составляющая, создающаяся на этом резисторе, через конденсатор C_3 попадает в цепь сетки, образуя положительную обратную связь. Величина этой связи регулируется переменным резистором R_4, включенным параллельно анодной цепи.

Данные входного контура ничем не отличаются от данных контуров других приемников. На него могут быть поданы предварительно усиленные колебания высокой частоты.

Для работы в катодном детекторе подойдут триоды 6С2П, 6С5С или один триод ламп 6Н1П, 6Н2П, 6Н8С. Второй триод комбинированной лампы можно использовать для усиления низкой частоты.

И еще один совет — для эксперимента. Попробуй в качестве сеточного детектора сетевого приемника использовать лампу 6Е5С или 6Е1П. Это не обычные электронные лампы. Они имеют светящиеся зеленым светом экраны, на которых выделяется более яркий сектор того же цвета. По величине этого сектора определяется точность настройки приемника на волну радиостанции.

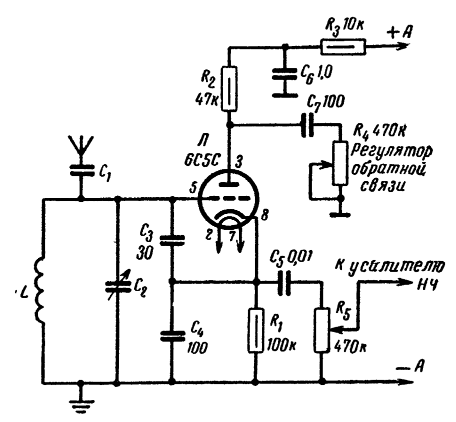


Рис. 233. Практическая схема катодного детектора с обратной связью.

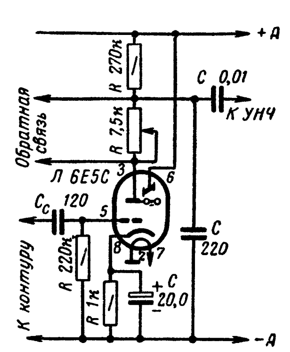


Рис. 234. Индикатор настройки — сеточный детектор.

Схема такого детектора-индикатора настройки приемника приведена на рис. 234. В остальном схема детекторного каскада остается без изменений.

Нижний конец сеточного резистора можно соединять как с общим минусом, так и с катодом лампы (на схеме второе соединение показано пунктиром). В первом случае при точной настройке приемника яркий сектор экрана лампы будет сходиться, а во втором — расходиться. Если эксперимент удастся, лампу с ее панелькой укрепи на специальном держателе в горизонтальном положении. Верхняя часть баллона лампы должна помещаться в отверстии шкалы или на лицевой стенке ящика приемника так, чтобы был виден светящийся «глазок».

ПРИЕМНИКИ ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ И СУПЕРГЕТЕРОДИНЫ

В схемах приемников, о которых мы рассказывали в этой беседе, происходит только одно преобразование частоты — детектирование. До детектора может стоять усилитель высокой частоты, а за детектором — усилитель низкой частоты.

Приемники, в которых происходит только одно преобразование частоты, называют приемниками п р я м о г о у с и л е н и я. Схемы таких радиоприемников характеризуют формулой. Детекторный каскад обозначают в формуле латинской буквой V. Число каскадов усиления высокой частоты указывают цифрой, стоящей перед этой буквой. После буквы V указывают число каскадов усиления низкой частоты. Так, например, приемник по схеме 0 — V — 0 имеет только детекторный каскад. Каскадов усиления высокой и низкой частоты в нем нет. Это одноламповый приемник. Если пишут 0 — V — 1, значит в приемнике нет каскадов усиления высокой частоты, а имеются лишь детекторный каскад и один каскад усиления низкой частоты. Формула 1 — V — 1 говорит о том, что в приемнике, кроме детекторного каскада, есть каскад усиления высокой и каскад усиления низкой частоты. Формулу 1 — V — 1 имели наши трехламповые приемники.

Лет 30 назад приемник прямого усиления был основным типом приемников, выпускавшихся нашей промышленностью. Сейчас наша промышленность выпускает в основном так называемые с у п е р г е т е р о д и н н ы е радиоприемники, или с у п е р г е т е р о д и н ы, в которых осуществляется двукратное преобразование частоты. О супергетеродине мы расскажем в одной из следующих бесед.

O

ИСПЫТАНИЕ И НАЛАЖИВАНИЕ ЛАМПОВОГО РАДИОПРИЕМНИКА

Ты смонтировал приемник. Можно ли сказать, что он готов? Пока еще нет. Вот когда ты его испытаешь, наладишь и установишь в ящик, тогда с чистой совестью сможешь сказать, что он готов. Это касается в равной степени и усилителя низкой частоты.

Но приемник может испортиться. Надо «лечить» его. А для этого надо прежде всего правильно определить «болезнь». В подобных случаях радиолюбитель становится как бы врачом, в руках которого вместо медицинской трубки — стетоскопа и термометра должны быть приборы хотя бы первой необходимости.

Испытание и налаживание смонтированного приемника или усилителя, нахождение и устранение неисправностей — наиболее ответственный и в то же время самый интересный момент. Успех этого дела во многом зависит от тебя самого. Если ты хорошо усвоил назначение каждой детали, работу каждого каскада и приемника в целом, ты успешно справишься с этой задачей.

В какой последовательности вести эту работу? Прежде всего проверь качество монтажа. Встряхни приемник 2—3 раза, подергай за резисторы, конденсаторы и монтажные проводники. Пусть лучше сейчас отлетят плохо укрепленные детали и проводники, чем искать ненадежные соединения в процессе налаживания. Затем путем «прогулок» по монтажу тщательно сверь его с принципиальной схемой, нет ли ошибок. После этого испытай источники питания, выходной каскад и всю низкочастотную часть приемника, а уж потом приступай к налаживанию каскада высокой частоты и подстройке в резонанс контуров. Не торопись. Поспешность может повредить делу.

Для примера расскажем о порядке испытания и налаживания трехлампового сетевого приемника, собранного по схеме на рис. 225.

ВЫПРЯМИТЕЛЬ И ВЫХОДНОЙ КАСКАД

Прежде всего проверь правильность включения первичной обмотки трансформатора питания в соответствии с напряжением сети. Удали из приемника все лампы, кроме сигнальной лампочки, ос-

вещающей шкалу. Проводники, идущие от повышающей обмотки к выпрямителю, временно отпаяй.

При включении трансформатора в сеть сигнальная лампочка должна засветиться. Трансформатор оставь включенным в сеть на 5—8 *мин*. Он совсем не должен нагреваться. За это время проверь, подается ли напряжение к накальным гнездам ламповых панелек. Это можно сделать при помощи той же сигнальной лампочки. Если лампочка горит, когда ты подключаешь ее поочередно ко всем накальным гнездам, значит цепи накала ламп в порядке.

Нагрев трансформатора или перегорание предохранителя укажет на то, что в цепях, подключенных к накальным обмоткам трансформатора, имеется короткое замыкание. Если же в монтаже нет ошибок и замыканий, а предохранитель перегорает, значит неисправность кроется внутри самого трансформатора.

При отсутствии этих неполадок вставь в панельку выходную лампу и припаяй проводники повышающей обмотки к выпрямительному мосту. Другие лампы пока не включай. Через 15—20 *сек* (время прогрева ламп) в громкоговорителе должен появиться чуть заметный фон переменного тока. Если теперь дотронуться отверткой до вывода управляющей сетки выходной лампы, фон в громкоговорителе усилится. Это признак того, что выходная лампа работает.

Далее вольтметром постоянного тока измерь напряжения на конденсаторах фильтра выпрямителя, аноде и экранирующей сетке выходной лампы и напряжение смещения на ее управляющей сетке. Для этого щуп отрицательного вывода вольтметра присоедини к общему минусу приемника, а вторым щупом, соединенным с положительным выводом прибора, поочередно прикасайся к конденсаторам фильтра выпрямителя, выводам анода и экранирующей сетки и катода выходной лампы.

Примерные напряжения, которые должны быть на выходе выпрямителя и электродах лампы, указаны на принципиальной схеме приемника. В зависимости от используемого трансформатора питания они могут быть немного меньшими или бóльшими. Но независимо от этого напряжения на экранирующей сетке и выходе выпрямителя должны быть одинаковыми. Несколько меньшее напряжение будет на аноде лампы (часть напряжения теряется на сопротивлении первичной обмотки выходного трансформатора), а несколько большее — на конденсаторе, включенном до резистора (или дросселя) фильтра выпрямителя.

Если на катоде лампы вообще нет напряжения, а лампа работает, то вероятнее всего «пробит» электролитический конденсатор, шунтирующий резистор смещения. Отсутствие напряжения на аноде лампы укажет на обрыв в первичной обмотке выходного трансформатора. Проверить эти детали можно омметром.

Установив, что выпрямитель и выходная лампа работают, можно вставить детекторную лампу и перейти к испытанию всей низкочастотной части приемника.

ДЕТЕКТОРНЫЙ КАСКАД

Как только детекторная лампа прогреется, прикоснись отверткой к выводу ее управляющей сетки или незаземленному гнезду звукоснимателя. В громкоговорителе услышишь сильный гул, свидетельствующий о работоспособности всей низкочастотной части приемника.

Качество работы усилителя низкой частоты лучше всего проверять на воспроизведении грамзаписи при помощи звукоснимателя, проигрывая новую грампластинку. Напоминаем: если звукосниматель пьезоэлектрический, не забудь параллельно его выводам включить резистор сопротивлением 100—150 *ком*, иначе на сетку лампы не будет подаваться напряжение смещения. Если при включении звукоснимателя появится свист, то поменяй местами его выводы на гнездах *Зв*. Свист может возникнуть также из-за близости шнура звукоснимателя к проводникам, идущим к громкоговорителю или выходному трансформатору. Их надо разносить по возможности дальше.

Проверь, как действует регулятор громкости. Нарастание громкости звука должно происходить при вращении ручки переменного резистора в направлении движения часовой стрелки. При обратном изменении громкости звука надо поменять местами (перепаять) проводники, идущие к крайним выводам переменного резистора.

Если все происходит так, как мы описали, значит низкочастотная часть приемника работает хорошо. Однако не всегда все бывает благополучно. Бывает, что дотрагиваешься до сетки детекторной лампы, а гула нет. Думаешь, что регулятор громкости выведен, изменишь его положение, вновь дотронешься до сетки лампы, а гула опять нет. В таких случаях подозрение падает прежде всего на качество детекторной лампы. Надо проверить исправность ее нити накала или заменить лампу другой. Если и новая лампа не будет работать, проверь омметром или пробником, нет ли соединения управляющей сетки с общим минусом приемника. Проводник, идущий к этой сетке, мог замкнуться на экран, сеточный конденсатор C_{12} может оказаться неисправным.

Причины этих неисправностей можно установить, соединив незаземленный вывод звукоснимателя непосредственно с гнездом управляющей сетки лампы, отпаяв от него сеточный конденсатор, как показано на рис. 235. Если и при таком включении звукоснимателя усилитель не работает, можно предположить, что существует разрыв в цепи катода или резистор смещения R_5 имеет слишком большое сопротивление. Надо попробовать замкнуть этот резистор накоротко.

Но и эти подозрения могут не оправдаться. Тогда неполадки надо искать в анодной цепи этой лампы: в катушках обратной связи L_5 и L_6, резисторе нагрузки R_7, конденсаторе C_{15}, шунтирующем анодную цепь по высокой частоте. В катушках может оказаться

обрыв, резистор может оказаться перегоревшим, а конденсатор — с утечкой. Достаточно одной из этих неполадок, чтобы каскад не работал. Такие неисправности легче всего выявить при помощи омметра, проверяя им каждую деталь. Имей в виду: пользоваться омметром можно только при выключенном питании приемника!

Поскольку катушки обратной связи в работе усилителя при воспроизведении грамзаписей не принимают участия, их можно временно исключить, чтобы отпало подозрение насчет этого участка схемы. Отключи и резистор R_6, которым регулируется обратная связь, а нагрузочный резистор R_7 припаяй непосредственно к анодному гнезду панельки лампы (рис. 235).

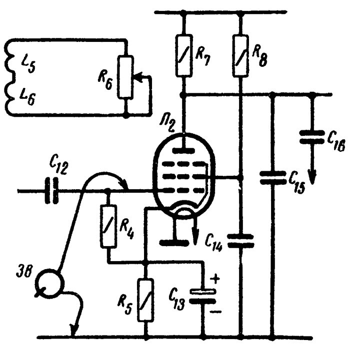


Рис. 235. При испытании детекторной лампы как усилителя звукосниматель подключается к сетке, а элементы обратной связи из схемы временно исключаются.

Добившись нормальной работы низкочастотной части приемника при проигрывании грампластинки, переходи к испытанию детекторного каскада на прием радиостанций. На это время антенну подключи к контуру этого каскада через конденсатор емкостью 82—100 *пф* (рис. 236), а разделительный конденсатор C_8, идущий от дросселя анодной цепи первого каскада, отключи. Включи на место детали обратной связи. Отключи звукосниматель. Присоедини заземление.

Рис. 236. Чтобы проверить работу детекторного каскада, к его контуру подключают антенну.

Послушай передачи радиостанций сначала средневолнового, а потом длинноволнового диапазонов. Проверь надежность контактов в переключателе диапазонов и действие обратной связи. Увеличивая обратную связь, в громкоговорителе должен появиться щелчок — это порог регенерации. Если генерации не возникает, поменяй местами выводы катушек обратной связи.

Может случиться, что приемник совсем не будет работать. Тогда ищи неисправность в колебательном контуре. Здесь могут быть плохие контакты, обрывы в катушках, замыкание пластин конденсатора переменной емкости, обкладок подстроечных конденсаторов. Эти неисправности легко обнаружить внешним осмотром деталей, раздельной проверкой каждой из них с помощью омметра. Проверяя контурные конденсаторы, обязательно отключай от них катушки, иначе омметр будет показывать короткое замыкание.

Испытывать детекторный каскад и усилитель низкой частоты можно и с помощью пробника, о котором мы рассказали тебе в тринадцатой беседе (см. рис. 198). Вставь штепсельную ножку провода щупа *б* в гнездо *1* пробника и прикоснись одним из щупов к заземленному проводнику, а вторым — к контуру, как показано на рис. 237. При этом колебательный контур с подключенным к нему пробником работает как детекторный приемник: передача слышна, но негромко.

Для проверки наличия низкочастотной составляющей в анодной цепи лампы $Л_2$ щуп *б* вставь в гнездо *2* пробника и прикоснись этим

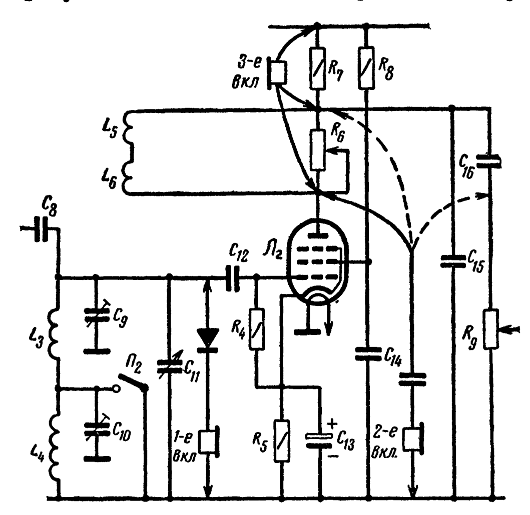


Рис. 237. Испытание детекторного каскада пробником.

щупом к выводу анода лампы (2-е включение на рис. 237), потом к нижнему концу нагрузки R_7, к выводу конденсатора C_{16}, обращенному к выходному каскаду. Если лампа $Л_2$ работает нормально, при всех этих включениях пробника в телефоне будет громко слышна передача. Но если в анодной цепи лампы имеется обрыв или плохой контакт, то, естественно, лампа работать не будет. Чтобы убедиться в этом, надо штепсельную ножку щупа *б* вставить в гнездо *3*, включить пробник между анодом лампы $Л_2$ и проводником плюса выпрямителя (3-е включение на рис. 237). Если в анодной цепи действительно есть обрыв, то передача будет слышна.

Ты можешь «прослушать» весь путь усиления низкой частоты, присоединяя пробник параллельно резистору регулятора громкости, параллельно первичной и вторичной обмоткам выходного трансформатора. В последнем случае звук в телефоне будет слабым, так как выходной трансформатор является понижающим. Таким вклю-

чением надо воспользоваться только для того, чтобы проверить, подается ли напряжение на звуковую катушку громкоговорителя.

Допустим, что детекторный каскад работает на обоих диапазонах. Тогда, не отключая антенны от детекторного контура, восстанови соединение разделительного конденсатора C_8 с этим контуром. Если громкость работы приемника при этом не изменится, то вставь лампу усилителя высокой частоты, а антенну включи в предназначенное для нее гнездо.

КАСКАД ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Возможно, что после установки на место первой лампы возникнет самовозбуждение приемника, не прекращающееся с уменьшением обратной связи. Ликвидировать его можно включением между анодом лампы $Л_1$ и дросселем высокой частоты резистора сопротивлением 4,7—10 *ком* (рис. 238) или увеличением сопротивления резистора цепи экранирующей сетки R_2 до 150—200 *ком*. Но это средство устранения самовозбуждения является временным.

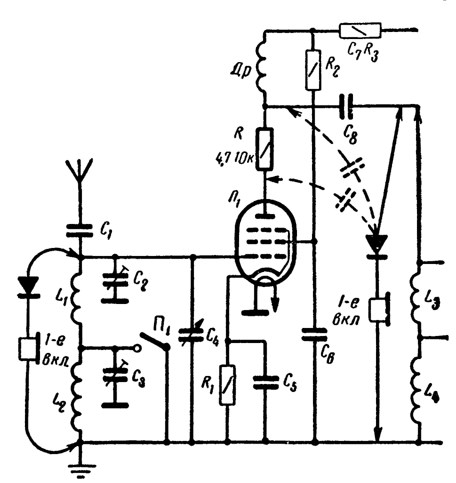


Рис. 238. Испытание каскада высокой частоты пробником.

Если с высокочастотным каскадом приемник не работает, то проверь пробником входной контур (рис. 238), а затем «прослушай» им анодную цепь лампы, чтобы определить неисправный участок каскада. Подключая пробник непосредственно к анодной цепи, где действует высокое напряжение, последовательно с детектором включай конденсатор емкостью 200—300 *пф* (на рис. 238 показан пунктиром).

В высокочастотном каскаде могут быть такие неисправности: замыкание одного из выводов дросселя высокой частоты через экран на шасси, пробой конденсатора ячейки развязывающего фильтра (в обоих случаях греется резистор развязки R_3), обрыв в цепи анода или катода, замыкание обкладок конденсаторов, входящих в контур, обрыв в контурных катушках. При любой из этих неисправностей каскад работать не будет. Отыскивай их при помощи омметра, отпаивая каждую деталь.

После устранения неполадок проверь работу приемника на обоих диапазонах. При этом приема многих станций может и не получиться, потому что контуры первого и второго каскадов не настроены в резонанс.

НАСТРОЙКА КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОНТУРОВ

Но прежде чем настраивать контуры в резонанс, т. е. добиваться, чтобы при любом положении конденсаторов переменной емкости они были настроены на одну и ту же частоту, надо установить диапазоны радиоволн, которые должен перекрывать приемник. Установку границ диапазона приемника лучше всего производить при помощи с и г н а л - г е н е р а т о р а — прибора, генерирующего модулированные колебания различных частот. Такие приборы име-

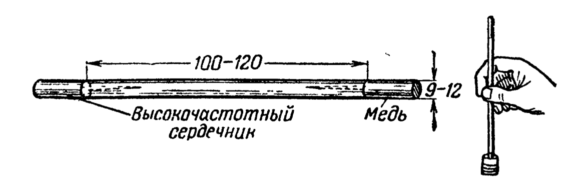


Рис. 239. Испытательная палочка и пользование ею.

ются в радиолабораториях станций и клубов юных техников, дворцов и домов пионеров и школьников, в радиоклубах ДОСААФ. При отсутствии сигнал-генератора подгонку диапазонов волн, перекрываемых приемником, и настройку контуров в резонанс придется производить по сигналам радиостанций. Но в этом случае надо иметь заводской приемник, по которому будешь контролировать настройку самодельного приемника.

Еще потребуются высокочастотный магнитный сердечник, например ферритовый, и таких же размеров кусочек меди, латуни или бронзы. Из любого изоляционного материала, хотя бы из сухой дощечки, сделай круглую палочку длиной 100—120 *мм* (рис. 239). На одном конце палочки укрепи высокочастотный сердечник, на другом — кусочек меди. Получится испытательная палочка, которая поможет ускорить работу по подстройке контуров.

Значение испытательной палочки заключается в следующем. Если внутрь каркаса катушки ввести конец палочки с магнитным сердечником, собственная частота контура уменьшится. При введении в катушку медного наконечника частота контура увеличится. Пользуясь этими свойствами палочки, нетрудно определить, в какую сторону надо изменять индуктивность катушки одного из контуров, чтобы настроить его в резонанс со вторым контуром.

Сделаем оговорку: если катушки индуктивности имеют подвижные высокочастотные сердечники, как, например, в батарейном приемнике 1 — V — 1, испытательная палочка не нужна — подстройка контуров производится с помощью сердечников.

Прежде всего проверь, полностью ли перекрывает оба диапазона радиоволн детекторный контур приемника. Для этого подключи к этому контуру антенну через конденсатор небольшой емкости (27—33 *пф*) и попытайся принять радиостанции, длина волн которых близка к длинам волн конца каждого диапазона (500—550 *м* на средневолновом и 1 800—2 000 *м* на длинноволновом диапазонах). Станции должны быть слышны при почти полностью введенных подвижных пластинах конденсатора настройки C_{11}. Уточнить длины волн принятых станций можно по контрольному приемнику.

Не исключено, что ты полностью введешь подвижные пластины конденсатора переменной емкости, а точной настройки на радиостанцию, работающую на наиболее длинной волне одного из диапазонов, все же не получишь. Тогда введи внутрь контурной катушки конец испытательной палочки с высокочастотным магнитным сердечником. Если слышимость сигналов этой станции улучшится, значит мала индуктивность контура. Надо ее увеличить, т. е. намотать на катушку дополнительные витки. Если же радиостанция, работающая на наиболее длинной волне данного диапазона, слышна при далеко не полностью введенных пластинах контурного конденсатора переменной емкости, надо уменьшить число витков катушки контура. Проверить это можно введением внутрь катушки медного наконечника испытательной палочки.

Ориентируясь по радиовещательным станциям и изменяя числа витков контурных катушек, подгони их индуктивность так, чтобы станции, работающие на наиболее длинных волнах каждого диапазона, «встали» на свои места на шкале приемника. Сначала подгони средневолновый диапазон, а потом длинноволновый. (Порядок подгонки индуктивности контуров с раздельными катушками, как в батарейном приемнике 1 — V — 1, значения не имеет.) Отматывая витки катушки небольшими «порциями» (по 5—8 витков), проверяй каждый раз настройку приемника. Если, наоборот, нужно увеличить индуктивность катушки, домотай 20—25 витков, а затем подгоняй ее сматыванием витков. Это избавит тебя от необходимости делать лишние спайки.

Число смотанных или домотанных витков запиши, чтобы потом внести такие же поправки и в катушки входного контура.

Теперь, переключив антенну на вход приемника, можно перейти к настройке в резонанс обоих контуров приемника. Начинай со средневолнового диапазона. Настроившись на какую-нибудь радиостанцию, работающую в начале этого диапазона (подвижные пластины блока конденсаторов выведены), изменением емкостей подстроечных конденсаторов добейся наибольшей громкости приема. Для этого ты можешь увеличивать емкость подстроечного конден-

сатора C_2 первого контура либо, наоборот, уменьшать емкость первого и увеличивать емкость второго контуров.

Возможно, тебе сразу не удастся получить четко выраженный резонанс. Тогда подгони индуктивность катушки первого контура в конце диапазона. Для этого перестрой приемник на наиболее длинноволновую станцию средневолнового диапазона и при помощи испытательной палочки определи, как изменить индуктивность катушки L_1, чтобы настроить первый контур в резонанс со вторым. Отматыванием или доматыванием витков этой катушки добейся наибольшей громкости приема, что будет соответствовать резонансу. Оба контура будут настроены в резонанс тогда, когда громкость уменьшается при введении в катушку любого конца испытательной палочки.

Затем снова настрой приемник на радиостанцию, работающую в начале средневолнового диапазона, и добейся резонанса подстроечными конденсаторами. После этого еще раз проверь резонанс в конце и начале диапазона.

Точно так же настраивай в резонанс контуры при приеме радиостанций длинноволнового диапазона. При этом ты можешь изменять емкость подстроечных конденсаторов C_3 и C_{10} и индуктивность катушек, относящихся только к длинноволновому диапазону. Конденсаторы же и катушки средневолнового диапазона не трогай, иначе нарушишь резонанс контуров этого диапазона.

Все эти операции лучше производить при приеме слабо слышимых станций — настройка в резонанс будет точнее.

Приемник с хорошо настроенными контурами должен обладать высокими избирательностью и чувствительностью. Только при этих условиях он обеспечит громкий прием многих радиостанций.

БОРЬБА С САМОВОЗБУЖДЕНИЕМ

Чтобы устранить самовозбуждение, возникающее из-за каскада высокой частоты, мы предлагали включить в анодную цепь лампы этого каскада дополнительный резистор или увеличить сопротивление резистора в цепи экранирующей сетки. Если ты так сделал, то теперь, когда контуры настроены в резонанс, эти части схемы надо восстановить.

Если вновь возникнет самовозбуждение, проявляющее себя свистами, не поддающимися регулировке резистором обратной связи, попробуй контурные катушки экранировать или поставить между ними металлический экран. Попробуй отключить или замкнуть накоротко катушки обратной связи. Прекращение самовозбуждения во втором случае укажет на необходимость уменьшить число витков катушек обратной связи.

Для выяснения причины самовозбуждения можно вынуть лампу первого каскада. Если свист прекратится, значит причина самовоз-

буждения кроется в каскаде высокой частоты. В этом случае придется несколько увеличить сопротивление резистора в цепи экранирующей сетки лампы. Но сначала попробуй увеличить сопротивление резистора R_3 развязывающего фильтра до 33—47 *ком*, подключить параллельно конденсатору этого фильтра C_7 и конденсатору C_6 цепи экранирующей сетки другие конденсаторы таких же емкостей.

Иногда приемник самовозбуждается даже без лампы в каскаде усиления высокой частоты и при замкнутой катушке обратной связи, что обычно является следствием паразитной связи между монтажными проводниками анодных и сеточных цепей детекторного и выходного каскадов. В таком случае надо попробовать увеличить до 330—390 *пф* емкость конденсатора C_{15}, блокирующего анодную цепь детекторной лампы, заменить блокировочный конденсатор C_{17} первичной обмотки выходного трансформатора, подключить параллельно выходному конденсатору C_{19} фильтра выпрямителя бумажный конденсатор емкостью 0,1—0,5 *мкф*.

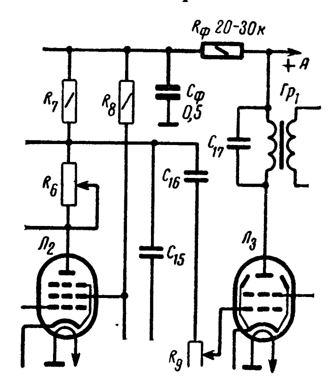


Рис. 240. Включение дополнительного развязывающего фильтра.

Самовозбуждение может возникнуть и на низкой частоте. Оно проявляет себя шумом, напоминающим звук работы моторной лодки. В таких случаях рекомендуется между выходным и детекторным каскадами включить ячейку развязывающего фильтра, как это показано на рис. 240. Конденсатор фильтра $C_ф$ может быть бумажным емкостью 0,5—1 *мкф* или электролитическим емкостью 5—10 *мкф* на рабочее напряжение 250—350 *в*. Сопротивление резистора ячейки фильтра $R_ф$ 20—30 *ком*.

Указанных мер обычно бывает достаточно для ликвидации самовозбуждения приемника.

УСТРАНЕНИЕ ФОНА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Если в громкоговорителе приемника слышен сильный фон переменного тока, причиной его чаще всего бывает недостаточно хорошее сглаживание пульсаций выпрямленного тока или наводка переменного напряжения сети в цепях управляющих сеток усилительных ламп.

Как найти причину возникновения фона? Соедини управляющую сетку выходной лампы с шасси приемника. Если фон остается, причиной его является плохая фильтрация выпрямленного тока. Попробуй увеличить емкость электролитических конденсаторов филь-

тра, подключая параллельно им другие конденсаторы. Если в фильтре стоит резистор, хорошо заменить его низкочастотным дросселем.

Если при замыкании управляющей сетки выходной лампы на шасси фон пропадает, значит где-то в проводниках цепи управляющей сетки детекторной лампы наводится переменное напряжение сети. Чтобы убедиться в этом, замкни эту сетку на шасси — фон должен исчезнуть. В этом случае для борьбы с фоном надо по возможности укоротить все проводники, соединенные с управляющей сеткой лампы, экранировать их, а экраны заземлить.

В ряде случаев снижению и даже полному устранению фона переменного тока способствует соединение с заземленным шасси корпуса громкоговорителя и одного из выводов звуковой катушки. Полезно также заземлить один из выводов сетевой обмотки трансформатора питания через бумажный конденсатор емкостью от 0,01 до 0,1 *мкф*. Этот конденсатор должен быть рассчитан на рабочее напряжение не менее 600 *в*.

ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ РЕГУЛИРОВКА ПРИЕМНИКА

Окончательная регулировка радиоприемника сводится в основном к установлению нормального режима работы ламп и подбору величины обратной связи. Напряжения на электродах, создающие нормальные условия работы ламп, устанавливаются изменением или подбором сопротивлений резисторов, относящихся к цепям этих электродов. Так, например, чтобы изменить напряжение смещения, надо соответственно увеличить (если оно мало) или уменьшить (если оно велико) сопротивление катодного резистора. Чтобы увеличить напряжение на экранирующей сетке, надо уменьшить сопротивление резистора ее цепи. И, наоборот, нужно увеличить сопротивление этого резистора, чтобы уменьшить напряжение на этом электроде.

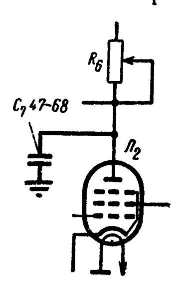


Рис. 241. Конденсатор небольшой емкости, подключенный параллельно анодной цепи детекторной лампы, улучшает плавность действия обратной связи.

Напряжения на экранирующих сетках ламп высокочастотного и детекторного каскадов могут несколько отличаться от указанных на принципиальной схеме, но они должны быть обязательно меньше, чем напряжения на анодах этих ламп. Увеличение напряжения на экранирующих сетках до некоторой степени способствует повышению усиления, но при этом возрастает склонность приемника к самовозбуждению. Налаженный приемник хорошо работает при сравнительно низких напряжениях на экранирующих сетках.

Плавность регулирования обратной связи очень зависит от емкости конденсатора C_{12} и сопротивления резистора R_4, включен-

ных в цепь управляющей сетки детекторной лампы. При возникновении генерации щелчок в громкоговорителе должен быть «мягким», еле уловимым; срываться, исчезать генерация должна без затягивания.

Для достижения этого рекомендуем заняться подбором данных этих деталей. Емкость сеточного конденсатора изменяй в пределах от 47 до 330 *пф*, а сопротивление резистора утечки сетки — от 270 *ком* до 2 *Мом*. Уменьшая емкость, увеличивай сопротивление резистора, и наоборот. Для плавности действия обратной связи полезно включить между анодом детекторной лампы и шасси приемника конденсатор емкостью 47—68 *пф* (рис. 241).

На рис. 242 показано еще одно дополнение в схеме приемника — отрицательная обратная связь. Цепь отрицательной обратной связи состоит из резистора R_0 и конденсатора C_0, включенных между анодом и управляющей сеткой выходной лампы. Через нее некоторая часть энергии колебаний низкой частоты подается из анодной цепи лампы в цепь управляющей сетки этой же лампы. Отрицательная обратная связь в противоположность положительной, примененной нами в детекторном каскаде, снижает усиление выходного каскада, но зато улучшает качество звучания, уменьшает искажения, вносимые разными элементами приемника. Кроме того, она часто способствует устранению самовозбуждения приемника, уменьшает фон переменного тока. Мы рекомендуем тебе испытать действие отрицательной обратной связи в своем приемнике.

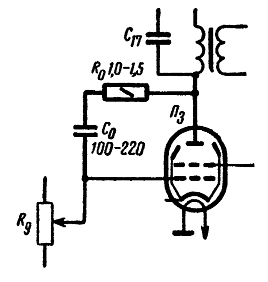


Рис. 242. Включение цепи отрицательной обратной связи.

Вот теперь, когда приемник работает хорошо, его можно закрепить в ящике и считать готовым.

Большинство советов, данных здесь применительно к сетевому трехламповому приемнику, в равной степени относится к налаживанию не только аналогичного батарейного приемника, но и любого другого приемника прямого усиления, любого лампового усилителя низкой частоты.

* * *

После прочтения этой беседы у тебя может создаться впечатление чрезвычайной сложности налаживания приемника. На самом деле это не так, потому что многое из того, о чем здесь рассказано, тебе делать не придется. А если и придется побольше «повозиться» с приемником, то в этом нет ничего плохого — ты его лучше будешь знать.

○

ТРАНЗИСТОРНЫЕ РАДИОПРИЕМНИКИ

Эта беседа — продолжение разговора о приемниках прямого усиления, но на транзисторах.

Основу транзисторных приемников, как и ламповых, составляют те же звенья — детекторный и усилительные каскады, различное сочетание которых позволяет создавать разные по сложности конструкции. Но к транзисторному и ламповому приемникам, имеющим одну и ту же формулу, нельзя предъявлять одни и те же требования. Транзисторный приемник 1 — V — 1, например, не всегда может работать на громкоговоритель, хотя к. п. д. этого приемника во много раз выше, чем к. п. д. лампового аналога. Приходится добавлять еще один-два, а иногда и три каскада усиления низкой частоты. Но и в этом случае выходная мощность транзисторного приемника будет меньше выходной мощности даже самого простого лампового приемника.

И еще об одной особенности конструирования этих приемников нам хочется напомнить тебе — об индивидуальном подходе к каждому транзистору. Если в ламповом приемнике любая из его ламп без каких-либо дополнительных хлопот может быть заменена другой такой же лампой, то замена транзистора связана еще либо с подбором прибора с точно такими же данными, либо с подгонкой режима работы каскада применительно к новому транзистору. Объясняется это, как мы уже говорили, некоторым расхождением параметров однотипных транзисторов, что связано со сложностью технологии изготовления их.

В связи с этим возьми за правило: прежде чем монтировать транзистор в будущий приемник, проверь его. А для этого твое хозяйство должно пополниться еще одним измерительным прибором первой необходимости — для проверки транзисторов.

ПРОВЕРКА ТРАНЗИСТОРОВ

Тебя должны интересовать такие наиболее существенные параметры транзисторов: величина обратного тока коллектора $I_{\text{к о}}$, коэффициент усиления по току β и постоянство коллекторного тока. Эти данные транзистора ты можешь проверить с помощью прибора, схема и устройство которого изображены на рис. 243.

Для этого прибора потребуются: миллиамперметр (*mA*) на ток 1 *ма*, источник постоянного тока (*Б*) с напряжением 4, 5 *в*, переключатель (*П*) вида измерений, кнопка (*Кн*) включения питания, два резистора ($R_б$ и R_0) и три зажима для подключения транзисторов к прибору. Для переключателя вида измерений используй двухполюсный тумблер на два положения. Кнопка может быть любой, например подобной звонковой или в виде замыкающихся пластинок. А в качестве зажимов желательно применить так называемые «крокодильчики» (см. общий вид прибора), используемые для подключения измерительных приборов к электрическим цепям.

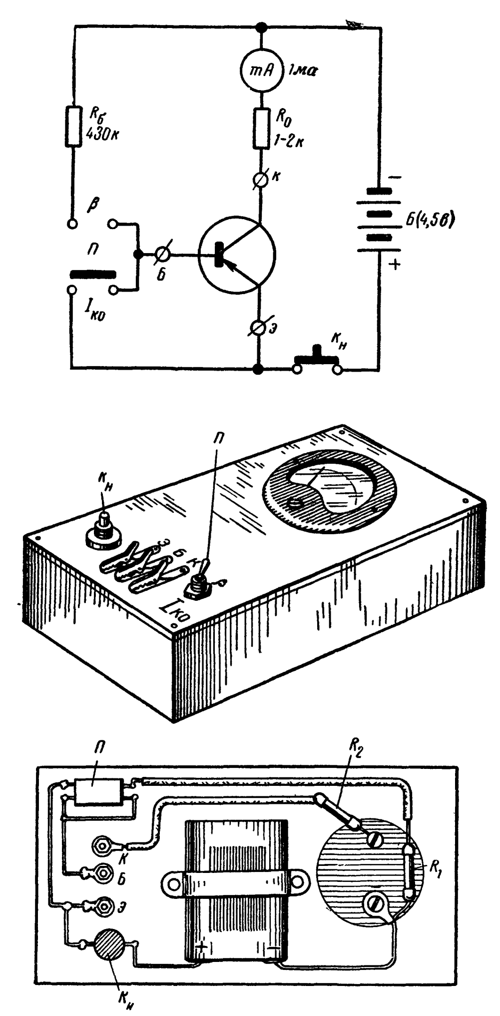


Рис. 243. Схема и устройство прибора для проверки транзисторов *р-п-р*-типа.

Шкала миллиамперметра должна иметь десять основных делений, соответствующих десятым долям миллиамперметра. При проверке коэффициента усиления каждое деление шкалы будет оцениваться десятью единицами значения β.

Детали прибора смонтируй на панели из изоляционного материала, например гетинакса, которая будет одновременно крышкой ящичка. Размеры ее зависят от габаритов деталей.

Прибор действует так. Когда переключатель вида измерений установлен в положение «$I_{к.о}$», база транзистора оказывается замкнутой на эмиттер. При включении питания нажатием кнопки стрелка миллиамперметра покажет значение наибольшей величины обратного тока коллектора. Когда же переключатель находится в положении «β», на базу транзистора через резистор $R_б$ подается напря-

жение смещения. При этом показание миллиамперметра, умноженное на 100, соответствует примерному значению коэффициента усиления транзистора. Так, например, если миллиамперметр покажет ток 0,6 *ма*, β данного транзистора будет 60.

Проверяя коэффициент усиления, следи внимательно за стрелкой миллиамперметра, фиксирующего ток коллектора. Величина этого тока с течением времени не должна изменяться — «плыть». Транзистор с «плавающим» током коллектора негоден для работы.

Учти: во время такой проверки транзистора его нельзя держать рукой, так как от тепла руки ток коллектора может изменяться.

Максимально допустимый обратный ток коллектора $I_{к.о}$ для разных транзисторов может достигать 20—25, но не больше 30 *мка*. В нашем приборе это будет соответствовать очень малому отклонению стрелки миллиамперметра — примерно третьей части первого деления шкалы. Транзистор, у которого обратный ток коллектора превышает эту величину, считай непригодным для работы — он тебя подведет.

Коэффициент усиления у разных транзисторов может быть от 8—10 (транзисторы П13, П13Б) до нескольких сотен (транзисторы П403, П410). Транзисторы с большим значением β очень соблазнительны. Но мы рекомендуем тебе пользоваться поначалу транзисторами, у которых коэффициент усиления не превышает 100, так как они, как правило, работают более устойчиво, доставляют меньше хлопот во время налаживания, на них слабее влияет температура воздуха, да и портятся они реже, чем транзисторы с очень высоким значением β. На такие транзисторы и рассчитан рекомендуемый нами прибор.

Прибор с миллиамперметром на ток 10 или 30 *ма* расширит соответственно в 10 или 30 раз пределы измерений значений β. Но он станет почти нечувствительным к малой величине обратного тока коллектора, которая у хороших транзисторов составляет единицы микроампер.

САМЫЕ ПРОСТЫЕ ПРИЕМНИКИ

Вспомни одиннадцатую беседу. Тогда мы советовали тебе экспериментировать с усилителем на транзисторе, подключая его к детекторному приемнику. А в следующей, двенадцатой, беседе мы, как бы обобщив твои опыты, графически изобразили получившуюся схему. Это был самый простой приемник — детекторный с однокаскадным усилителем низкой частоты (см. рис. 196). Формула приемника 0 — V — 1.

Возможно, ты собрал такой приемник, хотя бы на монтажной плате. Работа приемника порадовала тебя и в то же время немного огорчила — мала чувствительность. Добавить бы еще один каскад!

Ну, что ж, давай пристроим еще один каскад усиления низкой частоты, например так, как это сделано в схеме на рис. 244. Что получилось? Низкочастотный сигнал, усиленный первым транзистором (T_1), с резистора R_3, включенного в коллекторную цепь

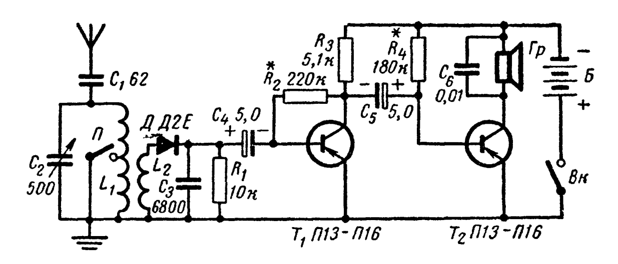


Рис. 244. Схема транзисторного приемника с двухкаскадным усилителем низкой частоты.

вместо громкоговорителя, через конденсатор C_5 поступает ко второму транзистору (T_2) и дополнительно усиливается им. Резисторы R_2 и R_4, сопротивления которых подбираются применительно к используемым транзисторам, определяют режим работы приемника.

Чувствительность приемника возросла. Теперь, возможно, хорошо зазвучит и громкоговоритель, тем более если в приемнике будут использованы транзисторы с коэффициентом усиления порядка 60—80 и радиостанции находятся на расстоянии 250—300 *км*.

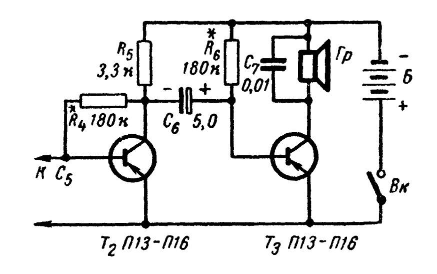


Рис. 245. Схема второго и третьего каскадов усилителя простого приемника.

А если хорошей громкости не будет? Можно добавить еще один усилительный каскад —третий (рис. 245). Теперь бывший выходной каскад приемника станет вторым каскадом предварительного усиления низкой частоты, а третий каскад —выходным. Добавилось всего четыре детали: резистор R_5 (вместо громкоговорителя), конденсатор C_6 (под № 6 был конденсатор, блокирующий громкоговоритель), резистор смещения R_6 и транзистор T_3, а громкость радиоприема заметно увеличилась. Это уже неплохо для простого транзисторного приемника.

А если добавить еще один каскад усиления низкой частоты? В принципе можно, но в данном случае это не целесообразно: приемник 1 — V — 4 будет склонен к самовозбуждению по низкой частоте, придется включать ячейки развязывающих фильтров,

а, может быть, и «облегчать» режимы транзисторов. Все это усложнит и конструкцию, и наладку приемника, а выигрыш в усилении получится незначительным. Целесообразно другое — добавить каскад усиления высокой частоты. Но об этом мы расскажем немного позже. Сейчас же коснемся иного вопроса: нельзя ли этот приемник с трехкаскадным усилителем упростить, не ухудшая резко качества его работы?

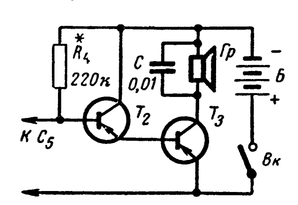


Рис. 246 Последовательное включение транзисторов усилителя низкой частоты.

Упростить можно, например, входной контур, сделав его с фиксированной настройкой на одну радиостанцию. Качество работы приемника от этого не пострадает. Можно исключить из схемы детектор, конденсаторы C_3 и C_4, резисторы R_1 и R_2, а катушку связи L_2 соединить непосредственно с базой первого транзистора (как в схеме на рис. 196, *в*), заставив его выполнять роль детектора и первого каскада усиления низкой частоты. Проверь на практике, что получится. Проигрыш в усилении будет, но, возможно, не столь заметным, а приемник значительно упростится.

Попробуй включить транзисторы второго и третьего каскадов по схеме последовательного соединения, как показано на рис. 246. Здесь коллектор транзистора T_2 соединен непосредственно с минусом источника питания, а его эмиттер — с базой выходного транзистора T_3. В этом случае цепь база-эмиттер выходного транзистора превратилась в эмиттерную нагрузку второго транзистора. Режим работы выходного транзистора устанавливается за счет падения напряжения постоянной составляющей на втором транзисторе. Приемник станет проще. Исчезнут три детали (R_5, C_6 и R_6), а качество работы приемника почти не пострадает, если, разумеется, тщательно подобрать сопротивление резистора R_4.

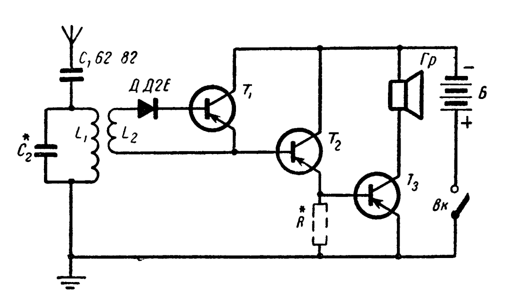


Рис. 247. Схема приемника с последовательным включением транзисторов каскадов усиления низкой частоты

Но, пожалуй, наиболее простой вариант этого приемника получится, если таким же способом соединить все три транзистора усилителя, а контур сделать с фиксированной настройкой на одну радиостанцию. Схему такого варианта приемника ты видишь на рис. 247. В нем эмиттерный переход выходного транзистора служит эмиттерной нагрузкой второго транзистора, который в свою очередь является эмиттерной нагрузкой первого транзистора.

В приемнике остались только самые необходимые детали, без которых он вообще может утратить работоспособность либо трудно будет настроить его на частоту выбранной радиостанции. Без антенного конденсатора C_1, например, контур потеряет «остроту» настройки из-за влияния емкости антенного устройства. Без конденсатора C_2, емкость которого подбирается опытным путем, сложнее, чем с ним, настраивать контур. Впрочем, если контурная катушка L_1 будет с высокочастотным сердечником, конденсатор C_2 может оказаться ненужным.

Катушка связи L_1 нужна для лучшего согласования сопротивлений контура и входа усилителя. Точечный детектор *Д* тоже можно было бы исключить, превратив первый триод в детектор, но это может ухудшить усиление.

Усилитель приемника не требует налаживания. Единственное, что, возможно, придется сделать, — это включить параллельно входу выходного транзистора резистор, показанный на схеме пунктиром. Его сопротивление небольшое, всего 100—500 *ом*. Подбирается оно по наибольшей громкости принимаемого сигнала. Если же выходной транзистор имеет малый коэффициент усиления, этого резистора вообще в схеме может не быть.

Ты можешь спросить: какой вариант приемника с трехкаскадным усилителем все же лучше? А ты испытай все три варианта, собирая их на монтажной панели. Сам тогда и ответишь на этот вопрос.

Преимущество, видимо, останется за первым вариантом (когда схемы на рис. 244 и 245 будут объединены), так как в этом случае режим транзисторов подбирается индивидуально применительно к каждому из них, что благоприятно сказывается на работе транзисторов и приемника в целом.

Вот и смастери такой приемник. Поскольку он не походный (для него нужны наружная или хорошая комнатная антенна и заземление), его размеры значения не имеют. Для такого приемника хорошо использовать трансляционный динамик вместе с согласующим трансформатором и футляром. Его можно смонтировать прямо на панели детекторного приемника, используя тот же контур, или в виде самостоятельной конструкции. Этот приемник к тому же может быть как двухдиапазонным с плавной настройкой, так и с фиксированной настройкой — в виде радиоточки. Вариантов много, а какой из них лучше всего устроит тебя, решай сам.

Один из возможных вариантов монтажа этого приемника, рассчитанного на размещение в футляре трансляционного динамика, показан на рис. 248. Его контур — с фиксированной настройкой (как в схеме на рис. 247). Катушки намотаны на картонной гильзе патрона для охотничьего ружья. Данные контурной катушки тебе известны по ламповым и детекторным приемникам. Катушка связи L_2 наматывается поверх контурной. Она должна содержать примерно $^1/_3$— $^1/_4$ часть витков контурной катушки.

Детали приемника размещены на монтажной плате размером примерно 70 × 90 *мм*. Точками обозначены проволочные стойки или жестяные лепестки, к которым припаиваются выводы деталей, а линиями — монтажные проводники. Электролитические конденсаторы C_4, C_5 и C_6 — типа ЭМ (обычные великоваты для такой конструкции), остальные конденсаторы и сопротивления могут быть любого типа. Проводники, обозначенные «+ Б» и «— Б», идут к батарейке, которая может находиться под монтажной платой.

Монтажная плата крепится в футляре трансляционного громкоговорителя в любом положении, а его согласующий трансформатор используется как выходной трансформатор приемника.

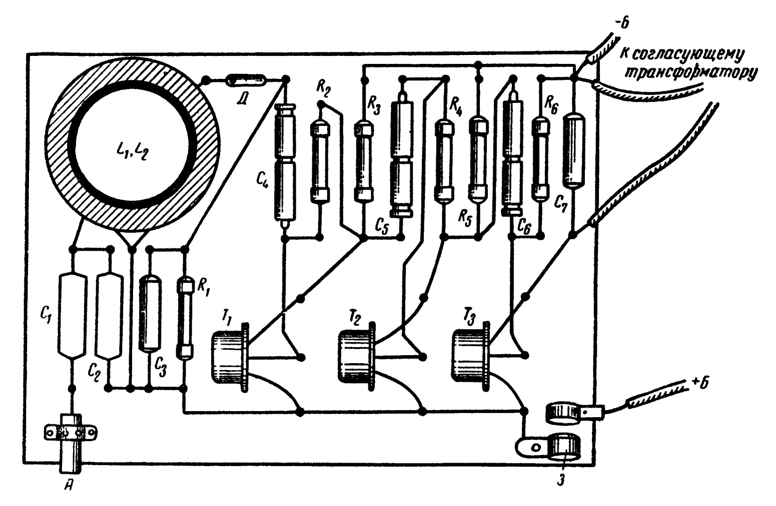


Рис. 248. Монтажная схема приемника с трехкаскадным усилителем.

Обращаем внимание на конструкцию гнезда для подключения заземления. Это гнездо состоит из двух колец или коротких трубочек, прикрепленных к плате. Когда в них плотно вставляется контактная вилка провода заземления, они закорачиваются — включается питание приемника.

Что надо будет учесть, когда ты приступишь к монтажу приемника? В первый каскад усилителя надо ставить тот из твоих транзисторов, который имеет наибольший коэффициент усиления, а в выходной — с наименьшим коэффициентом усиления. Если, например, коэффициент усиления одного транзистора будет 20, другого 80, а третьего 60, то первый из них должен работать в третьем, второй — в первом, а третий — во втором каскаде. Подбирая сопротивления резисторов смещения (об этом мы говорили в одиннадцатой беседе), попробуй изменять и нагрузочные резисторы (в пределах от 2 до 10 *ком*), добиваясь наибольшей громкости. Контурный кондесатор C_2, которым достигается грубая настройка

(а точная — подбором витков), можно заменить подстроечным типа КПК-2. Он не только облегчит настройку контура, но, возможно, позволит, пользуясь им, как конденсатором переменной емкости, настраивать приемник на две-три радиостанции.

Если по каким-то причинам приемник сразу не станет работать, испытывай его по частям, пользуясь пробником: сначала проверь входную часть, как у детекторного приемника, а потом усилитель. Конечно, все это надо делать на экспериментальной панели, а затем начисто собрать приемник на монтажной плате, предварительно составив монтажную схему с учетом размеров деталей.

Можно ли этот или более простой, например с двумя низкочастотными каскадами, приемник сделать походным? Можно. Но пользоваться им придется только на привалах. Антенной тогда будет служить кусок изолированного провода длиной 8—10 *м*, подвешенный одним концом за высокий сучок, а заземлением — металлический штырь, воткнутый поглубже в землю. Без приличной антенны и заземления такой приемник будет работать слабо — чувствительность мала. Чтобы повысить чувствительность, к нему надо добавить усилитель высокой частоты.

УСИЛИТЕЛЬ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ФЕРРИТОВАЯ АНТЕННА

Современный транзисторный приемник имеет не только усилитель высокой частоты, но и м а г н и т н у ю а н т е н н у — ферритовый стержень величиной с карандаш, располагающуюся внутри футляра приемника.

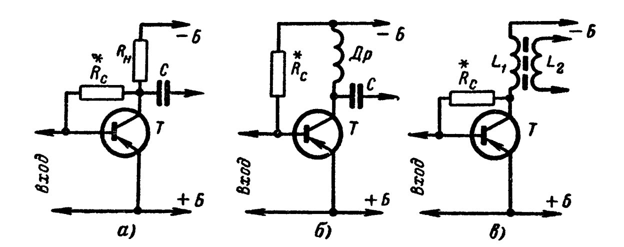


Рис. 249. Усилитель высокой частоты на транзисторах *р-п-р*-типа.

Схема и сущность действия каскада усиления высокой частоты аналогичны схеме и работе низкочастотного каскада. Разница лишь в нагрузках коллекторной цепи, где получается усиленный транзистором сигнал (рис. 249). Этой нагрузкой, как и в низкочастотном каскаде, может быть резистор (схема *а*). Усиленный сигнал, создающийся на нем, через разделительный конденсатор поступает на вход второго каскада усиления высокой частоты или к детектору. Лучше, однако, если нагрузкой транзистора будет высоко-

частотный дроссель (схема *б*), а еще лучше — высокочастотный трансформатор (схема *в*). Преимущество трансформатора заключается в том, что, подбирая его коэффициент трансформации, можно наилучшим образом передать высокочастотную энергию из коллекторной цепи транзистора-усилителя во входную цепь второго транзистора или детектора, согласовать сопротивления этих цепей. На базу транзистора во всех случаях вместе с усиливаемым сигналом подается напряжение смещения. Без смещения усилитель работает с искажениями. Способы подачи смещения такие же, как в низкочастотных каскадах.

Наиболее распространенная схема каскада усиления высокой частоты с входными цепями приведена на рис. 250. Магнитной антенной *МА* служит ферритовый стержень. Входной (антенный) контур, определяющий настройку приемника, образуют катушка L_1 и конденсатор C_1. Катушка L_2 связывает антенный контур с усилителем. Обе катушки намотаны на стержне магнитной антенны, что повышает их индуктивность и усиливает связь между ними.

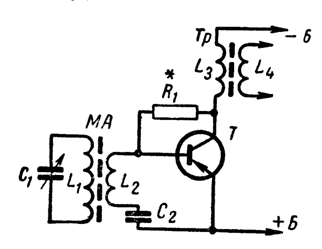


Рис. 250 Схема входных цепей и усилителя высокой частоты.

Катушку связи обычно наматывают на бумажной гильзочке, которую можно перемещать вдоль стержня магнитной антенны. Это позволяет подобрать опытным путем наивыгоднейшую связь с контурной катушкой.

Нагрузкой коллекторной цепи в этой схеме служит катушка L_3 высокочастотного трансформатора *Тр*. Колебания высокой частоты, создающиеся в катушке L_4, подаются ко второму высокочастотному каскаду или детектору.

Высокочастотный трансформатор с целью уменьшения габаритов наматывают на высокочастотном магнитном сердечнике, обычно на ферритовом кольце, или обе его катушки, намотанные на гильзе, помещают в горшковидном сердечнике. Но, как мы уже говорили, нагрузкой транзистора высокочастотного каскада может быть резистор сопротивлением 1,5—5 *ком* или высокочастотный дроссель (см. схемы *а* и *б* на рис. 249). В этом случае связь между каскадами осуществляется с помощью конденсатора емкостью 5—10 тыс. *пф*, который одновременно выполняет роль разделительного конденсатора.

Сопротивление резистора R_1, определяющего смещение, в зависимости от параметров транзистора может колебаться от нескольких десятков до нескольких сотен килоом. Оно, как и в усилителе низкой частоты, определяется опытным путем во время налаживания приемника.

Конденсатор C_2 — разделительный. Его задача — свободно пропускать колебания высокой частоты, появляющиеся в цепи базы

транзистора, и в то же время не замыкать напряжение смещения, подающееся на базу транзистора через резистор R_1. Этим требованиям отвечает конденсатор емкостью 5—10 тыс. *пф.* Без этого конденсатора батарея, питающая приемник, оказалась бы замкнутой через нагрузку транзистора, резистор смещения и катушку связи.

В каскаде усиления высокой частоты желательно использовать высокочастотные транзисторы типов П401—П403.

Вот собственно то главное, что можно вкратце рассказать о схеме, работе и назначении деталей усилителя высокой частоты. Если мы соединим эту схему со схемой простого транзисторного приемника с двумя или тремя каскадами низкой частоты, получится приемник 1 — V — 2 или 1 — V — 3. А если высокочастотный усилитель будет двухкаскадным, то и формула приемника станет соответственно 2 — V — 2 или 2 — V — 3.

НЕКОТОРЫЕ ДЕТАЛИ ТРАНЗИСТОРНОГО ПРИЕМНИКА

Малые габариты — самая, пожалуй, привлекательная сторона транзисторных приемников. И ты, видимо, пожелаешь сделать приемник, который можно было бы взять в туристский поход, на прогулку в лес, на рыбалку, в пионерский лагерь.

Но изготовление малогабаритных приемников требует большой усидчивости, аккуратности, ювелирности работы. Да, именно ювелирности! Ведь дело приходится иметь с миниатюрными деталями, пользуясь пинцетом, а иногда еще и лупой. Даже жало паяльника приходится затачивать, как карандаш, чтобы удобнее добраться им к местам пайки, не повредив соседние спайки или детали. Многие детали, подчас тоже миниатюрные, приходится делать самому, не рассчитывая на готовые.

Монтажная плата. Способ изготовления монтажных планок, о котором мы рассказали в шестой беседе, совершенно не годится для изготовления монтажной платы транзисторного приемника; сама плата должна быть аккуратнее и не из двух пластинок, а монтажные опоры на ней меньше, располагаться гуще и не болтаться.

Очень удобны как монтажные опоры мелкие полые заклепки-пистоны. Они вставляются туго в отверстия и с помощью кернера или гвоздя развальцовываются с другой стороны платы (рис. 251). Такие опоры можно сделать и из медной или латунной трубки, нарезав из нее короткие гильзочки, которые вставляются в отверстия в плате и затем развальцовываются с обеих сторон. Концы проволочных выводов деталей вставляются в отверстия пистонов и впаиваются в них.

Монтажные опоры могут быть проволочными (рис. 252). В этом случае кусочки голого медного провода, например, монтажного, в виде петель, наподобие буквы П или Ш вставляются, а лучше заби-

ваются в отверстия и затем изгибаются или расплющиваются молотком. К получившимся стойкам припаиваются выводы деталей или монтажные проводники.

Конденсатор переменной емкости. Для настройки транзисторного приемника прямого усиления, в котором, как правило, всего один настраивающийся контур — контур магнитной антенны, надо использовать малогабаритный конденсатор переменной емкости, а если его нет — керамический подстроечный конденсатор КПК-2 с начальной емкостью 10—25 и конечной 100—150 *пф*. Из конденсаторов КПК-2 предпочтение следует отдать конденсатору с начальной емкостью 10 и конечной 100 *пф*, так как он перекрывает несколько больший диапазон волн, чем такой же конденсатор, но с емкостью 25—150 *пф*. А для удобства пользования им как органом настройки на его подвижной диск — ротор — надо насадить и приклеить кольцо с зубчиками по наружной окружности (рис. 253).

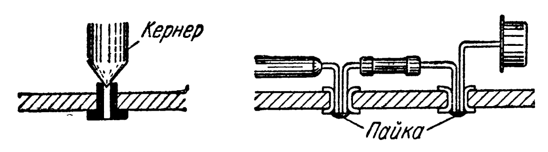
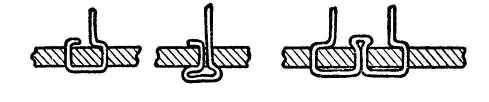


Рис. 251. Монтажные опоры из полых заклепок.



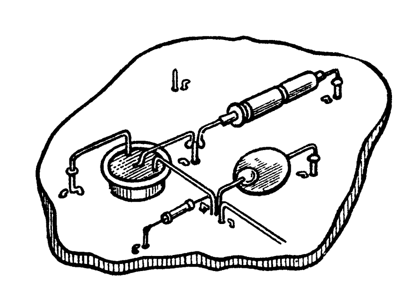


Рис. 252. Монтаж деталей на проволочных стойках.

Кольцо выпили лобзиком из пластинки из органического стекла или текстолита толщиной 2,5—3 *мм*, зубчики сделай слесарной пилой или напильником. Приклеить его к ротору конденсатора можно клеем БФ-2.

Конденсатор крепится к плате болтиком или приклеивается к ней клеем БФ-2 с таким расчетом, чтобы зубчатая часть кольца немного, примерно на 3—4 *мм*, выступала наружу из боковой стенки футляра приемника (на рис. 253 справа наружная поверхность стенки футляра показана пунктиром).

Выключатель. На плате под кольцом конденсатора можно разместить выключатель питания, представляющий собой две фигурные пластинки, одна из которых (на рис. 253 — левая) — пружинящая. Если слегка надавить на пружинящую пластинку, то кончик ее, заведенный под вторую пластинку, опустится (питание выключено), а если отпустить ее, то пластинки замкнутся (питание включено). Роль такого замыкателя и размыкателя пластинок

выполняет выступ на кольце снизу. Это может быть кусочек органического стекла, приклеенный к кольцу, или маленькая заклепка с круглой головкой, туго вставленная в отверстие в кольце. Пластинки надо подогнать так, чтобы они размыкались только тогда,

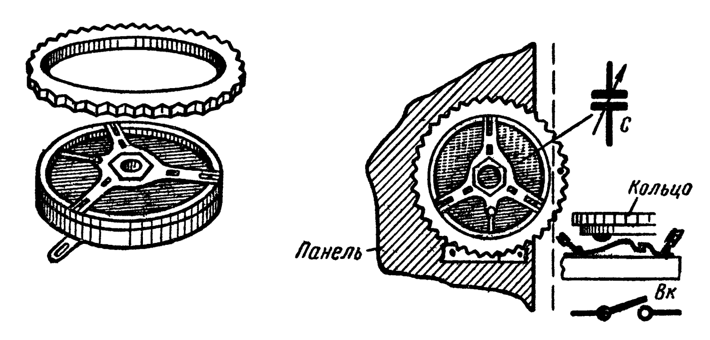


Рис. 253. Конденсатор типа КПК-2 в роли конденсатора настройки и выключателя.

когда выступ кольца набегает на выпуклую часть пружинящей пластинки. Это положение ротора конденсатора пометь цветной точкой на выступающей из футляра части кольца.

Конструкция выключателя может быть и иной, например ножевого или рычажкового типа, но непременно малогабаритной.

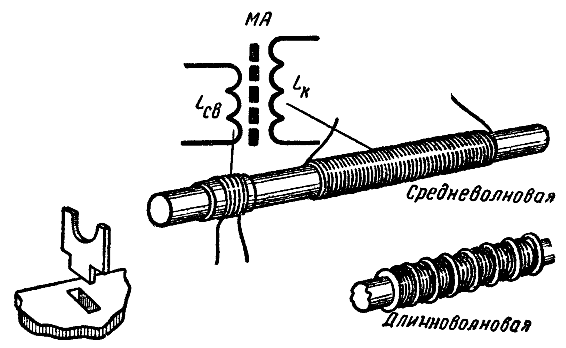


Рис. 254. Катушки и магнитная антенна портативного приемника.

Магнитная антенна, являющаяся составной частью настраивающегося контура и катушки связи (рис. 254), представляет собой круглый ферритовый стержень диаметром 8—10 и длиной 100—120 *мм*. Вообще же чем стержень длиннее, тем выше будет чувствительность приемника.

Тебе нужен ферритовый стержень марки Ф-600. Буква Ф означает «феррит», а цифра 600 характеризует магнитную проницаемость материала стержня. Ферритовые стержни с более высокой

магнитной проницаемостью, например Ф-1000 или Ф-2000, не годятся — они хуже работают в диапазоне средних волн.

Прежде чем наматывать контурную катушку, надо решить, на какой диапазон радиоволн должен быть рассчитан приемник. Дело в том, что для приема радиоволн длинноволнового и средневолнового диапазонов при наибольшей емкости конденсатора 100—150 *пф* нужны две катушки, которые включались бы последовательно (длинные волны) или параллельно (средние волны). Потребуется, следовательно, переключатель, который усложнит конструкцию приемника и управление им. Но он все равно будет принимать лишь местные радиостанции и наиболее мощные, находящиеся в радиусе до 200—300 *км* от него. Вот и получается, что нет смысла идти на усложнение приемника. Пусть он принимает две-три радиостанции, но уверенно и громко. Радиолюбители так именно и поступают — рассчитывают контуры приемника только на те радиостанции, передачи которых хорошо слышны в тех районах, где они живут. Так, видимо, надо поступить и тебе.

Экспериментируя с простым транзисторным приемником, используя в нем катушки детекторных или ламповых конструкций, ты узнал, сигналы каких радиостанций хорошо слышны в вашей местности. С расчетом на прием этих станций и наматывай контурную катушку на магнитную антенну.

Контурная катушка, рассчитанная на средневолновый диапазон, должна содержать 80—100 витков, на длинноволновый диапазон — 270—280 витков. Если же катушка будет иметь 160—180 витков, приемник станет перекрывать диапазон волн примерно от 450 до 900 *м*, т. е. охватывать конец средневолнового и начало длинноволнового диапазонов. Для намотки средневолновой катушки используй провод ПЭЛ или ПЭШО 0,2—0,3, а для намотки длинноволновой катушки или катушки промежуточного диапазона — провода тех же марок, но диаметром 0,15—0,2 *мм*. Провод средневолновой катушки укладывай на ферритовый стержень в один слой, виток к витку. Длинноволновая катушка тоже может быть однослойной. Но с целью уменьшения внутренней емкости лучше намотать ее на бумажной секционированной гильзе «внавал», укладывая в каждой секции по одинаковому числу витков.

Катушка связи наматывается тем же проводом, что и контурная, на бумажной гильзе, которая с небольшим трением должна перемещаться вдоль стержня. Она должна иметь 10—15 витков.

Окончательное число витков катушек подбирается опытным путем при налаживании приемника.

Магнитная антенна крепится на плате с помощью стоек, к которым она приклеивается лаком или клеем БФ-2.

Высокочастотный трансформатор (рис. 255). Сердечником этой детали приемника служит ферритовое кольцо марки Ф-600 с наружным диаметром 8—10 *мм*. Трансформатор может быть повышающим, если высокочастотные колебания со вторичной обмотки

подаются к детектору, роль которого выполняет точечный диод, или понижающим, если колебания со вторичной обмотки подаются ко второму каскаду усиления высокой частоты или детекторному каскаду на транзисторе. В первом случае первичная (коллекторная) обмотка должна содержать 80—100 витков, вторичная 220—240 витков, а во втором случае — соответственно 160—180 и 70—80 витков. Для обмоток трансформатора используется провод ПЭЛШО или ПЭЛ 0,1—0,12.

Чтобы удобнее наматывать провод на кольцо, сделай челнок (рис. 255) из двух кусков голой медной проволоки толщиной 1—1,5 и длиной по 60—70 *мм*. Куски проволоки спаяй в нескольких местах. Весь челнок и особенно концы его вилок зачисть мелкой наждачной бумагой, чтобы не попортить изоляцию обмоточного провода.

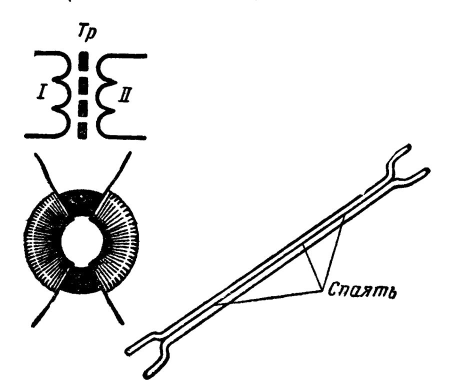


Рис. 255. Высокочастотный трансформатор и челнок для его намотки.

Провод наматывается на челнок такой длины, чтобы его хватило на всю обмотку. Среднюю длину одного витка провода ты можешь измерить. Она составляет 10—12 *мм*. Значит, для обмотки, содержащей 100 витков, на челноке с учетом запаса надо брать около 1,5 *м*.

Пропуская челнок в окно ферритового кольца, витки укладывай плотно и следи, чтобы на проводе не было петель и не портилась его изоляция. Перед намоткой провода углы кольца сгладь надфилем.

Намотать катушки трансформатора можно и без челнока. В этом случае надо разломить кольцо на две половинки, намотать на каждой из них по катушке, а затем склеить обе половинки клеем БФ-2. Но если нет запасного кольца, то не рискуй разламывать кольцо — оно может разлететься на несколько кусочков.

Высокочастотный трансформатор крепится на монтажной плате двумя-тремя каплями клея БФ-2.

НАСТОЛЬНЫЙ ПРИЕМНИК

Прежде чем взяться за походный приемник, советуем проверить свои силы, знания и умение на транзисторном приемнике настольного типа.

Принципиальная схема одного из вариантов такого приемника показана на рис. 256. Это уже знакомый тебе простой приемник с трехкаскадным усилителем низкой частоты, к которому мы доба-

вили однокаскадный усилитель высокой частоты. Получился приемник по формуле 1 — V — 3 с магнитной антенной. Если к контуру подключить внешнюю антенну, хотя бы в виде штыря длиной 1,5—2 *м*, чувствительность приемника заметно возрастет.

По сравнению с простым приемником в низкочастотной части этого приемника изменилось включение конденсатора C_8 (в схеме на рис. 245 он был под номером 7), раньше блокировавшего громкоговоритель. При таком включении его часть низкочастотной энергии из цепи коллектора переходит в цепь базы этого транзистора, т. е. из выходной цепи обратно на вход каскада. Этот конденсатор образует цепь отрицательной обратной связи. Чем больше его емкость, тем сильнее отрицательная обратная связь.

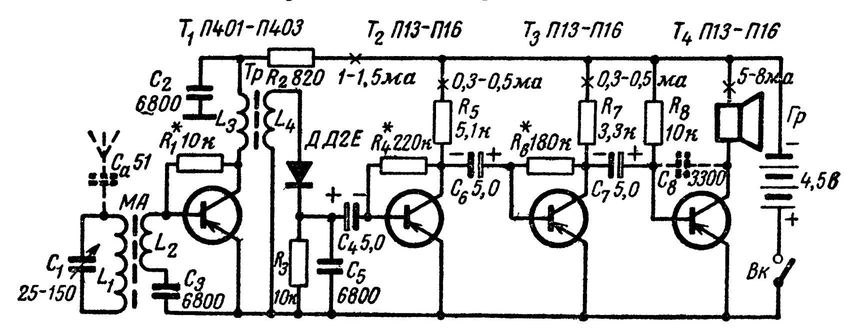


Рис. 256. Принципиальная схема настольного приемника с усилителем высокой частоты.

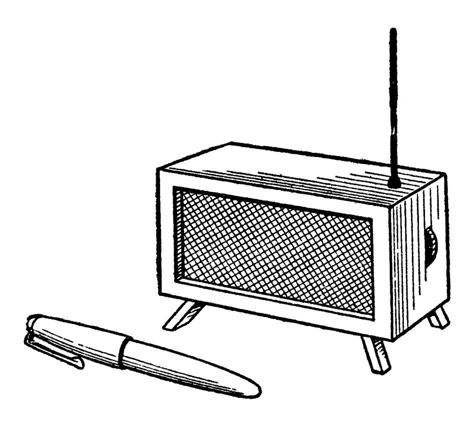
Конденсатор C_8 не является обязательным элементом приемника, поэтому мы и обозначили его пунктиром. Но если потребуется улучшить качество работы усилителя, проиграв немного в громкости, включи этот конденсатор.

Кроме того, в схему введена ячейка развязывающего фильтра R_2C_2, предупреждающая самовозбуждение приемника из-за возможных паразитных связей между высокочастотным и низкочастотным усилителями через цепи питания. Эта ячейка не является обязательным элементом. Собирая приемник, ты можешь исключить ее из схемы, увеличив при этом сопротивление резистора R_1 до 330—470 *ком* (иначе ток коллектора возрастет до недопустимой величины и транзистор испортится). А если приемник будет самовозбуждаться, включи эту ячейку.

Новое для тебя в этой схеме — метки в виде крестиков, стоящие на коллекторных цепях всех транзисторов. Это места включения миллиамперметра. Сопротивления резисторов R_1, R_4, R_6 и R_8 надо подобрать так, чтобы коллекторные токи установились в тех пределах, которые указаны возле меток.

Конструкция и размеры футляра и монтажной платы приемника зависят от имеющихся в наличии деталей и в первую очередь от

габаритов громкоговорителя, конденсатора настройки и магнитной антенны. Если будут использованы громкоговоритель, сделанный из капсуля ДЭМШ, и подстроечный конденсатор типа КПК-2, а фер-



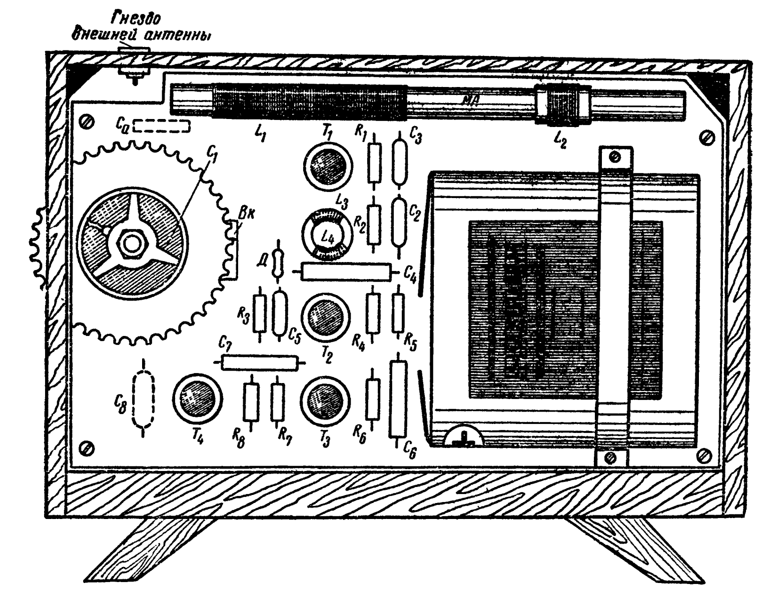


Рис. 257. Настольный транзисторный радиоприемник: вверху — внешний вид, внизу — вид сзади.

ритовый стержень будет длиной 120—140 *мм*, то приемник вместе с питающей его батарейкой свободно разместится в футляре с размерами примерно 150 × 100 × 50 *мм*. А если размеры футляра увеличить во все стороны на 20—30 *мм*, в нем поместится даже

динамик трансляционного типа с его трансформатором. Что же касается внешнего оформления приемника, то это уже зависит от твоих вкусов и возможностей.

Посмотри на рис. 257, где показана одна из возможных конструкций настольного приемника. Его футляр сделан из фанеры и деревянных брусков. Дно, в котором крепятся ножки, — дощатое. Футляр снаружи зашпаклеван, зачищен мелкой шкуркой и покрыт лаком или светлой нитроэмалью.

Громкоговоритель укреплен на фанерной дощечке, являющейся лицевой стенкой футляра. В ней выпилено отверстие по диффузору громкоговорителя. С лицевой стороны эта дощечка обтянута декоративной тканью или холстиной. Справа — кольцо конденсатора настройки, сверху — гнездо для подключения штыря или комнатной антенны, повышающих чувствительность приемника.

Примерное расположение деталей на монтажной плате, вставленной в футляр, показано на том же рисунке. Плата крепится шурупами к планкам, приклеенным к боковым стенкам изнутри футляра. Громкоговоритель находится за платой, поэтому он не виден на рисунке.

Продумывая конструкцию футляра, платы и монтажную схему приемника, учти следующее: высокочастотный трансформатор (L_3L_4) нельзя располагать возле контурной катушки, иначе каскад усиления высокой частоты будет самовозбуждаться; магнитная антенна должна находиться в горизонтальном положении; кольцо конденсатора настройки делай пошире, учитывая толщину боковой стенки; резисторы и конденсаторы группируй по возможности ближе к тем транзисторам, к которым они относятся.

Для питания приемника, кроме батарейки для карманного фонарика, можно использовать три-четыре элемента ФБС, ФМЦ или столько же дисковых аккумуляторов, соединив их последовательно, чтобы батарея давала напряжение 4—5 *в*.

Налаживание приемника сводится в основном к установке режима работы транзисторов, подгонке витков контурной катушки под нужный диапазон волн и выбору наивыгоднейшего расстояния между катушкой связи и контурной.

Если найдется миллиамперметр на ток до 10 *ма*, с помощью его значительно быстрее, чем на слух, а главное точнее можно установить режим работы триодов. Включая его то в одну, то в другую коллекторную цепь транзистора, подбери сопротивления резисторов смещения такими, чтобы токи были в тех пределах, которые указаны на схеме возле меток.

За высокочастотную часть берись после того, как наладишь усилитель низкой частоты. Первым признаком удовлетворительной работы усилителя будет фон в громкоговорителе, когда касаешься вывода базы транзистора первого каскада его. Проверить работу усилителя можно еще с помощью телефона, включив его параллельно резистору R_3 нагрузки детектора и пользуясь им как микро-

фоном. Если перед телефоном говорить, поднеся его поближе к губам, в громкоговорителе должен быть слышен звук.

На время налаживания входной части приемника параллельно конденсатору настройки или вместо него подключи переменный конденсатор с наибольшей емкостью 470—500 *пф*. С помощью его ты выяснишь, надо ли увеличивать или уменьшать число витков контурной катушки, чтобы установить диапазон волн, перекрываемых приемником, который тебя устраивает. При этом приемник поворачивай в горизонтальной плоскости — громкость приема будет изменяться. Объясняется это явление тем, что магнитная антенна обладает направленностью. Наибольшая громкость будет в том случае, если волны от принимаемой радиовещательной станции идут не вдоль стержня магнитной антенны, а пересекают его.

Не забудь о катушке связи. Найди такое положение ее на магнитной антенне, чтобы уровень сигнала на выходе приемника был максимальным и без искажений. Если при наибольшем отдалении ее от контурной катушки приемник работает с искажениями, значит надо убавить число ее витков. Каркас катушки связи закрепи на стержне антенны капелькой клея.

Может случиться, что при наибольшем усилении приемник станет самовозбуждаться на высокой частоте — появится свист. В этом случае поменяй местами выводы катушки L_4 высокочастотного трансформатора. А если это не поможет, то зашунтируй катушку L_3 (коллекторную) резистором сопротивлением 1—10 *ком*.

Расход электроэнергии. Каков расход энергии батарей на питание настольного приемника? Для определения этого надо электрическую емкость батареи разделить на ток, потребляемый приемником. При напряжении батареи около 4,5 *в* средний ток, потребляемый приемником, не превышает 12 *ма* (0,012 *а*). Значит, емкости батареи 3,7-ФМЦ-0,5 хватит не менее чем на 40 *ч* непрерывной работы приемника. А если для приемника использовать три элемента 1,6-ФМЦ-3,2, соединив их последовательно? Электроемкости такой батареи хватит почти на 300 *ч* работы приемника.

ВТОРОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ КАСКАД

Дальнейшее увеличение чувствительности может идти за счет добавления еще одного — второго — каскада усиления высокой частоты, который ничем не отличается от первого. Получится приемник 2 — V — 3.

Схему двухкаскадного усилителя высокой частоты мы приводим на рис. 258 (без развязывающего фильтра). Рассмотри внимательно схему *а*. В настольном приемнике высокочастотный сигнал, усиленный первым транзистором, подавался к детектору. Теперь он подается на вход второго транзистора, а из его коллекторной цепи — к детектору. Второй каскад как бы врезался между первым (высокочастотным) и детекторным каскадами.

Схема *б* является разновидностью схемы *а*. Разница между ними только в том, что нагрузкой второго транзистора служит не трансформатор, а дроссель. С него сигнал, усиленный транзистором, подается через конденсатор связи $C_с$ емкостью 5—10 тыс. *пф* к детектору. Но дроссель и трансформатор можно поменять местами. В этом случае коллектор первого транзистора должен соединяться с базой второго транзистора через конденсатор емкостью в несколько тысяч пикофарад.

Высокочастотный дроссель, как и трансформатор, наматывается на ферритовом кольце марки Ф-600 или Ф-1000 и должен иметь 200—250 витков провода ПЭЛ 0,1—0,12.

На монтажной плате настольного приемника есть достаточно места, чтобы разместить детали второго каскада усиления высокой

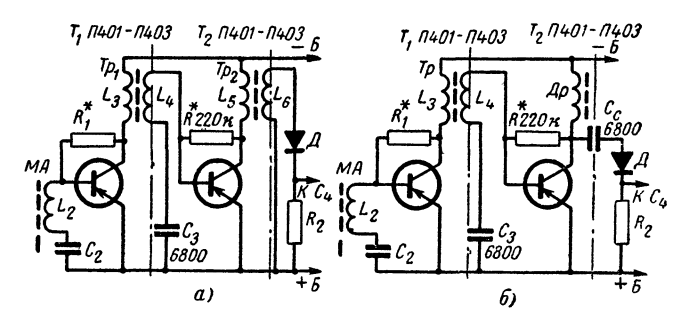


Рис. 258. Схемы двухкаскадных усилителей высокой частоты

частоты. Его можно смонтировать, например, на месте деталей *Д*, R_3 и C_5 (см. рис. 257), перенеся их и некоторые детали нового каскада на другую сторону платы. Вот и займись этим экспериментом. Чувствительность приемника заметно возрастет.

Для лучшего согласования сопротивлений выхода первого каскада и входа второго каскада обмотки первого высокочастотного трансформатора поменяй местами. Если возникнет паразитная связь между высокочастотным и низкочастотными усилителями через цепи питания, проявляющая себя гулом, похожим на звук работы моторной лодки, включи в коллекторную цепь второго транзистора точно такую же ячейку развязывающего фильтра, как в первом каскаде.

Ток транзистора второго каскада не должен превышать 1—1,5 *ма*.

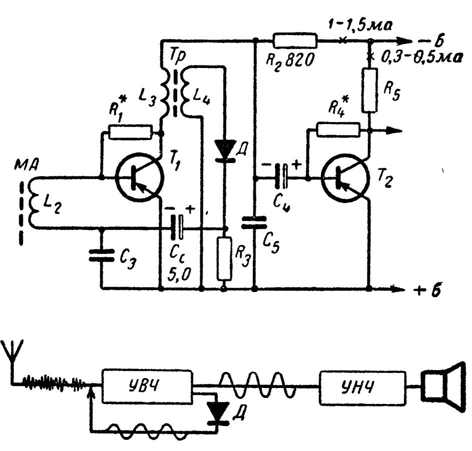
РЕФЛЕКСНЫЙ ПРИЕМНИК

Но есть другой путь повышения чувствительности приемника с одним каскадом усиления высокой частоты — превратить этот каскад в **рефлексный**, т. е. использовать его дважды: для

усиления высокой частоты и предварительного усиления низкой частоты.

Как это сделать?

Схема и блок-схема, поясняющая работу рефлексного приемника, показаны на рис. 259. Сравни эту схему с левой частью схемы настольного приемника. В чем разница между ними? Исчез конденсатор C_2 развязывающего фильтра. Резистор этого фильтра стал второй нагрузкой транзистора T_1 —низкочастотной. Изменилась полярность включения электролитического конденсатора связи C_4. Участок между резистором R_3 нагрузки диода *Д* и шунтирующим его конденсатором C_5 разорван. Появился электролитический конденсатор C_c. Теперь колебания низкой частоты с детекторной нагрузки R_3 идут через конденсатор C_c на вход усилителя высокой частоты, усиливаются им и с его второй нагрузки R_2 через конденсатор C_4 попадают на вход транзистора T_2 следующего каскада усиления низкой частоты. Конденсатор C_5 отводит на общий плюс высокочастотную составляющую продетектированного сигнала, минуя другие цепи приемника.



Рпс. 259. Рефлексная схема.

Опыт с рефлексной схемой ты можешь провести на своем приемнике. Если опыт удался, а он должен быть успешным, приемник останется четырехтранзисторным, но по формуле 1 — V — 4.

Используя схему на рис. 259, ты можешь в порядке эксперимента собрать приемник по формуле 1 — V — 1, рассчитанный на местную радиостанцию, включив вместо резистора R_5 телефон или громкоговоритель. Сопротивление резистора смещения подбери таким, чтобы ток коллектора второго транзистора был в пределах 4—6 *ма*.

* *
*

Теперь, когда ты познакомился с разными вариантами транзисторных схем, освоил практически технику сборки, монтажа и налаживания приемников, не сковывающих тебя размерами, можно подумать и о походном приемнике.

ПОХОДНЫЙ ПРИЕМНИК

Каким должен быть этот походный спутник? Он, во-первых, должен быть надежным в работе и не «капризничать» в пути. Во-вторых, он должен обеспечивать уверенный прием местных радиостанций и достаточно громкий, чтобы не только ты, но и твои товарищи на марше, на привале или, устроившись поудобнее у костра, могли послушать «Пионерскую зорьку», последние известия, музыку, репортаж со стадиона, проверить часы — словом, чувствовать себя, как дома.

Иногда ребята, часто из-за бахвальства, стараются «втиснуть» приемник чуть ли не в спичечный коробок. Получается нечто сред-

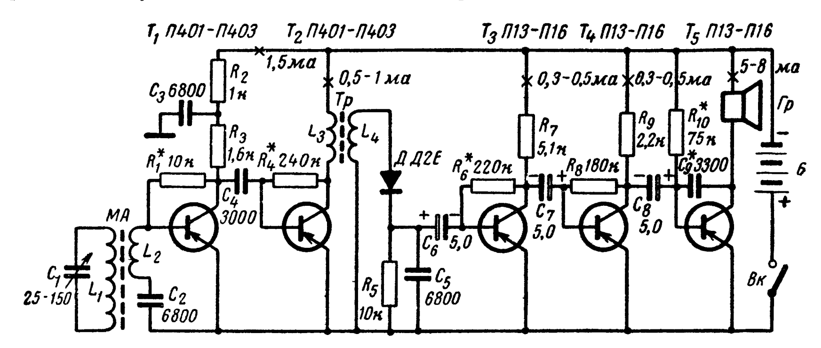


Рис. 260. Принципиальная схема походного приемника.

нее между игрушкой и приемником. Что толку от него, если радиопередачи приходится слушать, прижав коробочку к уху. Вот и подумай: стоит ли терять время, портить детали и материалы ради такой забавы? Нет, конечно, не стоит. Пусть походный приемник будет побольше, чем карманный, даже потяжелее, но чтобы это была полезная вещь.

Выбор схемы подобного приемника зависит от местных условий радиоприема. Если настольный приемник, который мы рекомендовали, хорошо работает в вашей местности без внешней антенны, то этот вопрос решается просто — его схема и станет схемой походного приемника. Если же его чувствительность без внешней антенны окажется недостаточной, придется собирать приемник по формуле 2 — V — 3, например по схеме на рис. 260. Два каскада усиления высокой частоты и три каскада усиления низкой частоты должны обеспечить уверенный прием на громкоговоритель местной радиовещательной станции и наиболее мощных, находящихся на расстоянии до 500—600 *км*.

В усилителе высокой частоты рекомендуем использовать транзисторы типов П401—П403 с коэффициентом усиления 80—100, в усилителе низкой частоты — транзисторы типов П13—П16 с коэффициентом усиления 40—60. Детектор *Д* — любой точечный диод.

Чем отличается высокочастотный каскад этого приемника от высокочастотного каскада приемника по схеме на рис. 258? Только тем, что там нагрузкой транзистора T_1 служит трансформатор, а здесь — резистор. Это сделано в основном для облегчения налаживания усилителя высокой частоты. Резистор R_2 и конденсатор C_3 — развязывающий фильтр, предотвращающий паразитную связь между каскадами высокой частоты через цепи питания. Выходной каскад охвачен отрицательной обратной связью (C_9), что улучшает качество работы приемника.

О назначении остальных элементов схемы, а также данные катушек ты уже знаешь.

Советуем, как и прежде, собрать и наладить приемник на экспериментальной панели, а затем, учитывая изменения и дополнения, которые ты внесешь в схему, наличие деталей и материалов, хорошо продумать монтаж и конструкцию приемника. А изменения в схеме возможны. Так, например, нагрузочный резистор R_3 может быть заменен высокочастотным трансформатором и, наоборот, высокочастотный трансформатор второго каскада — дросселем или резистором. Второй каскад усиления высокой частоты, кроме того, может быть преобразован в рефлексный (по схеме на рис. 259), а последние два транзистора усилителя низкой частоты могут быть включены по схеме эмиттерного повторителя (по схеме на рис. 246).

Прежде всего реши вопрос об источнике питания, занимающем в футляре приемника значительный объем. Можно, например, использовать дисковые аккумуляторы, что очень соблазнительно. Но даже наиболее электроемкие из них, такие, как Д-0,2, при токе 10—12 *ма*, потребляемом приемником, будут работать примерно 15—18 *ч*. Такой срок для похода явно недостаточен. А для подзарядки их в пути может не оказаться условий, да и некогда будет заниматься этим делом. Аккумуляторы хороши, когда отправляешься на прогулку в лес, в поле, на купанье, на рыбалку, а для длительного похода их электроемкость мала.

Источником питания может быть батарея из трех-четырех элементов 1,3-ФМЦ-0,25. Ее энергии хватит примерно на 20 *ч* работы приемника. Это уже лучше. Лучше еще потому, что заменить разрядившиеся элементы свежими, запас которых должен быть в рюкзаке, — минутное дело.

От батарейки для карманного фонарика приемник будет работать 35—40 *ч*, от батареи из элементов «Сатурн» (1,6-ФМЦ-Ц3,2) — около 300 *ч*. Но объем батареи из трех элементов «Сатурн» почти в 2 раза больше объема батарейки для карманного фонарика и во столько же раз тяжелее ее. Что же лучше? По сроку работы — элементы «Сатурн», а по весу и объему — батарейка для карманного фонарика.

Выбор источника питания во многом зависит еще от имеющегося громкоговорителя, который по весу и объему может конкурировать с батареей. Если громкоговоритель малогабаритный, например

сделанный из капсуля ДЭМШ, или в качестве громкоговорителя используется капсуль ДЭМ-4м, то предпочтение надо отдать элементам 1,3-ФМЦ-0,25 или батарейке для карманного фонарика. А если ты намерен использовать для приемника обычный маломощный электродинамический громкоговоритель с согласующим трансформатором, то, идя на некоторое увеличение веса и габаритов приемника, целесообразнее применить для его питания элементы «Сатурн». Увеличенный футляр, кроме того, может позволить использовать для настройки приемника переменный конденсатор с наибольшей емкостью 450—500 *пф*, что расширит границы диапазона принимаемых волн.

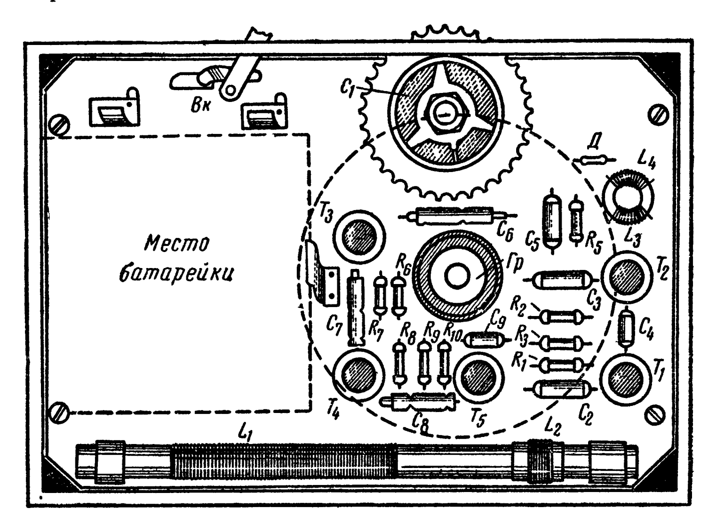


Рис. 261. Монтажная схема походного приемника (вид сзади).

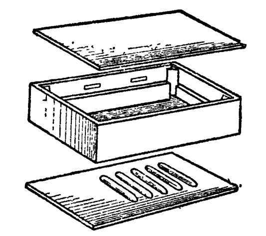
Допустим, что ты располагаешь громкоговорителем, сделанным тобой из капсуля ДЭМШ, для настройки приемника намерен использовать конденсатор КПК-2 с наибольшей емкостью 100—150 *пф*, а питать приемник решил от батареек для карманного фонарика, имеющихся в любом культтоварном магазине. Монтажная плата такого приемника, укрепленная в футляре, показана на рис. 261. Размеры платы (примерно 100 × 140 *мм*) определяются главным образом длиной ферритового стержня (чем он будет длиннее, тем лучше) и внешними диаметрами диффузора громкоговорителя и кольца конденсатора настройки.

Громкоговоритель (на рис. 261 его диффузор показан пунктиром) крепится к лицевой стенке футляра, а для его головки — капсуля — в плате сделано отверстие. Для подключения батарейки на плате укреплены контактные стойки из жести или меди, которые плотно вводят под ее полюсные выводы, не снимая защитной кар-

тонки. От бокового смещения батарейка удерживается пружинящей защелкой. Рядом с контактными стойками — выключатель из двух пластинок и рычажка. При повороте рычажка пластинки замыкаются — включается питание. Но выключатель может быть совмещен с конденсатором настройки, как это было сделано в настольном приемнике.

На плате возле конденсатора настройки имеется свободное место, куда могут быть перемещены основные детали второго высокочастотного каскада, если нагрузкой первого транзистора будет трансформатор.

Соединения деталей делай проводниками с эмалевой изоляцией диаметром 0,2—0,3 *мм* (ПЭЛ 0,2—0,3), прикрепляя их к плате капельками клея БФ-2, чтобы они надежно держались. Эти соединения можно сделать как над, так и под платой — как удобнее и короче.



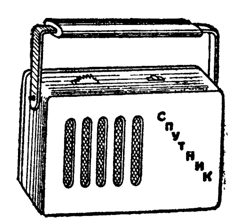


Рис. 262. Конструкция футляра и внешний вид приемника.

Методика и способы налаживания этого приемника точно такие же, как для предыдущих приемников.

Футляр приемника (рис. 262) склей из 2—3-миллиметровой фанеры. С внутренней стороны к боковым стенкам приклей деревянные брусочки с таким расчетом, чтобы прикрепленная к ним монтажная плата находилась ближе к передней стенке футляра, но не касалась диффузородержателя громкоговорителя. Задняя стенка может крепиться шурупами, но лучше, если она будет откидной или удерживающейся на защипках, чтобы можно было быстро менять батарею. Подумай, как это сделать.

Грани и углы футляра закругли напильником, затем зашпаклюй футляр, хорошо зачисть его мелкой шкуркой и покрой 2—3 раза цветной нитроэмалью. К футляру прикрепи ручку или ремешок, чтобы удобнее было носить приемник.

Предложенная нами конструкция походного приемника является лишь примерной. В зависимости от имеющихся деталей она может быть изменена, но расположение основных деталей на монтажной плате надо сохранить то, которое мы рекомендуем, иначе могут появиться неприятные взаимосвязи, а борьба с ними — дело серьезное и затяжное. С ними подчас даже трудно справиться, не перемонтировав приемник заново.

Наиболее неприятна связь между магнитной антенной и высокочастотным трансформатором. Чтобы избежать ее, для трансформатора придется, возможно, поискать такие место и положение относительно магнитной антенны, при которых высокочастотный усилитель не будет самовозбуждаться. Ничего хорошего не сулит

влияние магнитного поля головки громкоговорителя на магнитную антенну — может сильно ослабиться радиоприем. Проверить эти и другие взаимные влияния деталей и цепей и найти оптимальное расстояние между ними проще всего во время сборки приемника на экспериментальной панели. Если не учесть их при составлении монтажной схемы, тебе труднее будет устранять недостатки в готовом приемнике.

Народная мудрость гласит: 7 раз отмерь, а 1 раз — отрежь. К походному приемнику, особенно если ты будешь стремиться уменьшить его размеры, она, как нельзя лучше подходит. Вот почему нам хочется еще раз тебе посоветовать: учитывая имеющиеся детали, составь несколько вариантов монтажной схемы, не торопясь, выбери лучший из них, и только тогда уверенно приступай к заготовке и разметке платы и монтажу походного приемника.

* *
*

Выходная мощность всех приемников, о которых мы здесь рассказали, не превышает нескольких десятков милливатт. Она достаточна для «раскачки» маломощных громкоговорителей, но мала для озвучивания сравнительно больших помещений, для громкого воспроизведения грамзаписи. Чтобы повысить выходную мощность, конечный каскад усилителя низкой частоты надо собирать по так называемой двухтактной схеме. Такая схема выходного каскада будет использована в транзисторном радиоузле, о котором мы расскажем в следующей беседе.

O

ГОВОРИТ ШКОЛЬНЫЙ РАДИОУЗЕЛ!

Такими словами во многих школах начинаются передачи местного радиовещания, организуемые самими учащимися.

Многие радиоузлы школ, пионерских и туристских лагерей оборудованы такими же радиолюбителями, как ты, твоими товарищами по интересам.

Если в школе, в которой ты учишься, еще нет радиоузла, будь инициатором по созданию кружка юных радиофикаторов. Желающих стать радиофикаторами найдется много. Поговори с пионервожатым, учителем физики, директором школы. Они помогут организовать кружок, найти средства на приобретение деталей, проводов, громкоговорителей. Пройдет месяц-другой, и в вашей школе начнет работать свой радиоузел.

Радиофицировать родную школу и наладить школьное радиовещание — большое, почетное и увлекательное дело.

КАК РАБОТАЕТ РАДИОУЗЕЛ

Радиоузел представляет собой комплекс устройств и приборов, с помощью которых можно передавать по проводам сразу во много мест разговорную речь, пение, музыку. Он состоит из усилителя низкой частоты с источниками питания, радиоприемника, микрофона, звукоснимателя с механизмом для проигрывания грампластинок и линейного распределительного щитка (рис. 263). В комплекс оборудования радиоузла могут также входить магнитофон для записи и воспроизведения радиопрограмм, музыкальных произведений, установка для воспроизведения звука с киноленты и некоторые другие устройства и приборы, но они не являются обязательным оборудованием радиоузла.

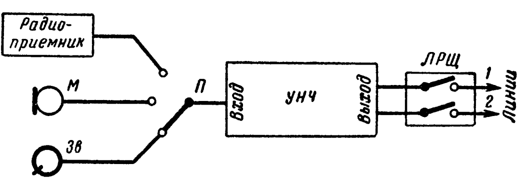


Рис. 263. Блок-схема радиоузла.

Колебания низкой частоты от радиоприемника, микрофона или звукоснимателя с помощью переключателя вида работы *П* подаются

к усилителю низкой частоты и усиливаются им до требуемой мощности. Трансляционные линии, к которым присоединяются громкоговорители, установленные у радиослушателей, включаются на выход усилителя через линейный распределительный щиток ЛРЩ. Таким образом, при помощи радиоузла можно передавать, или, как говорят, транслировать, для широкого круга слушателей программы радиовещательных станций, концерты граммофонной записи, местные передачи.

Необходимая мощность энергии низкой частоты, которую должен развивать усилитель, определяется главным образом числом и мощностью радиоточек-громкоговорителей, подключаемых к трансляционным линиям. Чем больше радиоточек должен питать радиоузел, тем мощнее должен быть его усилитель.

Для радиофикации сел, городов, районов используются усилители мощностью в десятки, сотни и тысячи ватт. Для радиофикации же большинства школ вполне достаточно мощности 5—25 *вт*, отдаваемой усилителем в линии.

В этой беседе мы расскажем сначала об устройстве простого маломощного радиоузла, а потом дадим советы по увеличению его выходной мощности.

ПРОСТОЙ РАДИОУЗЕЛ

Принципиальная схема простого радиоузла показана на рис. 264. Усилитель содержит три низкочастотных каскада, питающихся от выпрямителя. В первом и втором каскадах работают пентоды 6Ж8. В третьем — выходном — каскаде усилителя работает лучевой тетрод 6П3С, развивающий мощность около 5 *вт*. Выпрямитель — двухполупериодный. В нем используется двуханодный кенотрон 5Ц4С. Выпрямитель может быть на полупроводниковых диодах, но обязательно двухполупериодным. Дроссель *Др* и электролитические конденсаторы C_{13} и C_{14} образуют сглаживающий фильтр выпрямителя.

Последние два каскада усилителя тебе уже знакомы по радиограммофону и низкочастотной части трехлампового приемника. А схема первого каскада усилителя аналогична схеме второго каскада.

Усилитель рассчитан на работу от электродинамического микрофона и звукоснимателя любого типа. Переход с одного вида работы на другой осуществляется переключателем *П*. Если будет надобность транслировать по школе программы радиовещательной станции, нужно добавить простое приемное устройство, например с фиксированной настройкой на местную станцию.

Звукосниматель в нашем радиоузле, так же как и микрофон, включается на вход первого каскада усилителя. Но параллельно ему подключена цепочка из резисторов R_1 и R_2, являющихся его

нагрузкой. Напряжение от звукоснимателя подается на оба резистора, а к управляющей сетке лампы $Л_1$ подводится только часть его, которая приходится на резистор R_2. Это сделано для того,

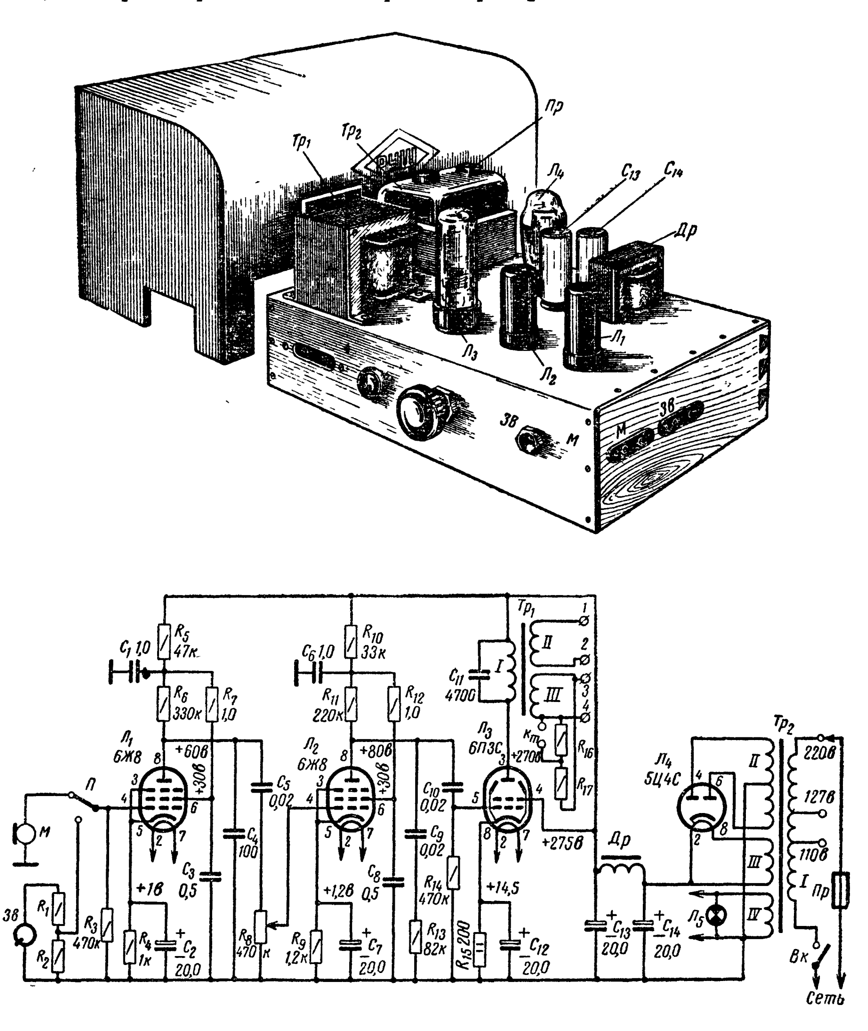


Рис. 264. Принципиальная схема и внешний вид усилителя радиоузла.

чтобы при переключении входа усилителя с микрофона на звукосниматель, который развивает большее напряжение, чем микрофон, громкость работы радиоточек почти не изменялась. Сопротивления резисторов R_1 и R_2 на схеме не указаны, так как они подбираются опытным путем во время налаживания радиоузла.

Звукосниматель можно было бы включать на вход второго каскада, но это усложнило бы переключение усилителя с одного вида передачи на другой.

Итак, с помощью переключателя вида работы *П* ко входу усилителя может быть подключен либо микрофон, либо звукосниматель. Создаваемые этими приборами колебания низкой частоты усиливаются первой, второй и третьей лампами и через выходной трансформатор $Тр_1$ подаются по трансляционным линиям к радиоточкам. Регулировка громкости осуществляется переменным резистором R_8, включенным в цепь управляющей сетки второй лампы.

Напряжения на аноды первой и второй ламп подаются через резисторы R_6 и R_{11}, а на их экранирующие сетки — через резисторы R_7 и R_{12}. На анод выходной лампы напряжение подается через первичную обмотку выходного трансформатора $Тр_1$, а на экранирующую сетку — непосредственно от выпрямителя. Резистор R_5 и конденсатор C_1, а также R_{10} и C_6 образуют ячейки развязывающих фильтров двух первых каскадов усилителя. Напряжения смещения на управляющие сетки ламп подаются автоматически за счет падения напряжения на резисторах R_4, R_9 и R_{15}, включенных в цепи катодов ламп. Резисторы смещения зашунтированы электролитическими конденсаторами C_2, C_7 и C_{12}.

Конденсатор C_9 и резистор R_{13} образуют цепь, улучшающую тембр звука. Желательный тембр звука подбирается при налаживании усилителя изменением сопротивления резистора R_{13} в пределах от 22 до 100 *ком*.

Лампочка $Л_5$ — сигнальная. Она загорается при включении трансформатора питания в сеть.

Вторичная обмотка выходного трансформатора состоит из двух секций: *II* и *III*. На каждой из них получается напряжение звуковой частоты около 15 *в*. Если обе секции включены последовательно (зажимы *2* и *3* соединены), то в трансляционные линии можно подавать два напряжения: 30 *в* — суммарное напряжение обеих секций и 15 *в* — напряжение каждой секции.

Гнезда *КТ* служат для головного телефона, с помощью которого осуществляется контроль за работой радиоузла на слух. Они подключены к одной из секций вторичной обмотки выходного трансформатора через делитель напряжения, состоящий из резисторов R_{16} и R_{17}, чтобы звук в телефоне не был чрезмерно сильным. Общее сопротивление делителя напряжения $R_{16}R_{17}$ может быть в пределах от 5 до 10 *ком*. Чем меньше сопротивление R_{16} по сравнению с сопротивлением R_{17}, тем меньшее напряжение подается к контрольному телефону, тем слабее в нем звук. На громкость работы радиоточек делитель напряжения никакого влияния не оказывает.

Детали. Емкости конденсаторов и сопротивления резисторов, кроме R_1, R_2, R_{16} и R_{17}, которые, как мы уже сказали, подбираются во время налаживания усилителя, указаны на принципиальной схеме. Переменный разистор R_8 должен быть с выключателем (типа

ТК) для включения усилителя в сеть. Конденсаторы C_4 и C_{11} — слюдяные или керамические. Электролитические конденсаторы C_2, C_7, C_{12} — на рабочее напряжение 20—30 *в*, C_{13} и C_{14} — на рабочее напряжение 450 *в*. Остальные конденсаторы могут быть любого типа. Для переключателя вида передач лучше всего подойдет тумблер.

Ламповая панелька выходной лампы обязательно должна быть фарфоровой. Если будет использована пластмассовая панелька, то в ней необходимо лобзиком сделать пропилы между гнездами *2*, *3* и *4*. Дело в том, что в анодной цепи этой лампы развивается значительное напряжение звуковой частоты, которое может пробить изоляционный материал панельки. Из-за этого усилитель будет работать с искажениями и может вообще испортиться. Пропилы предупредят эти неприятности.

Выходной трансформатор — самодельный. Его надо намотать на сердечнике сечением 6—8 *см*². Первичная обмотка содержит 2 500 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2, а секции вторичной обмотки — по 300 витков провода ПЭЛ 0,4—0,6. Сердечник собирается с воздушным зазором 0,3—0,5 *мм* (полоска из тонкого картона).

Мощность трансформатора питания $Тр_2$ не меньше 70 *вт* (бóльшая мощность не повредит). Подойдут заводские трансформаторы, например от радиоприемников «Балтика», «Урал», или самодельный. Повышающая обмотка самодельного трансформатора должна быть рассчитана на напряжение около 600 *в* (две секции по 300 *в*). Дроссель фильтра выпрямителя заводской или самодельный. Данные самодельного дросселя: сечение сердечника 5—6 *см*²; воздушный зазор около 0,2 *мм*; обмотка 3 000—3 500 витков провода ПЭЛ 0,18—0,20.

Звукосниматель и электродвигатель могут быть любого типа. Желательно приобрести электропроигрыватель, рассчитанный на проигрывание как обычных, так и долгоиграющих пластинок. Микрофон типа ДМК, МД, РДМ или любой другой электродинамического типа. Рекомендуем приобрести недорогой микрофон типа МД-41.

В качестве микрофона можно использовать маломощный электродинамический громкоговоритель с выходным (согласующим) трансформатором. В этом случае трансформатор громкоговорителя будет выполнять роль микрофонного. Громкоговоритель, используемый вместо микрофона, должен иметь хороший, без вмятин и разрывов диффузор, иначе он будет искажать звук.

Конструкция и монтаж. Внешний вид усилителя радиоузла показан на рис. 264, а его монтаж — на рис. 265. Примерные размеры шасси 300 × 200 × 80 *мм*. Верхняя и передняя панели шасси сделаны из одного куска листового металла толщиной 1,5 *мм*; задняя и боковые стенки — дощатые толщиной 8—10 *мм*. Шасси может быть и цельнометаллическим.

На передней панели находятся переключатель вида работы, регулятор громкости с выключателем сети, «глазок» сигнальной

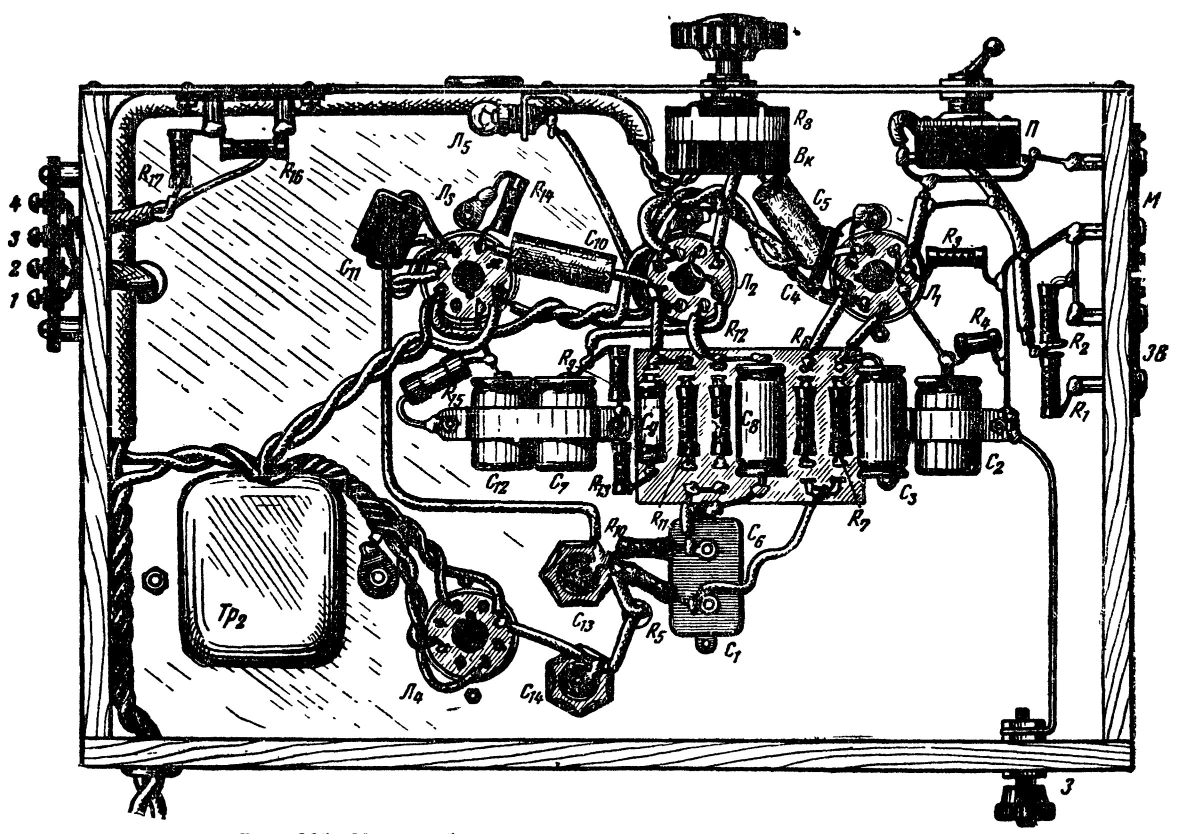


Рис. 265. Монтаж 5-ваттного усилителя школьного радиоузла.

лампочки и гнезда для включения контрольного телефона. На правой стенке расположены гнезда для включения микрофона и звукоснимателя, на левой — колодочка с выходными зажимами усилителя. Зажим заземления находится на задней стенке шасси; сквозь нее же выведен сетевой шнур. Значительная часть резисторов и конденсатор расположены на монтажной планке.

Усилитель закрывается фанерным футляром, имеющим в нижней части вырезы для ручек управления и колодочки выходных зажимов усилителя, вилок микрофона и звукоснимателя. Сняв футляр, можно знакомить учащихся с устройством усилителя.

Проводники, идущие от звукоснимателя и микрофона к переключателю *П* и от него к управляющей сетке лампы $Л_1$, а также от резистора R_8 к управляющей сетке лампы $Л_2$, должны быть предельно короткими и обязательно экранированными. Металлическая панель шасси используется как проводник. Необходимые соединения с панелью осуществляются при помощи жестяных лепестков, подложенных под болтики, крепящие ламповые панельки. Цепь накала ламп выполняется витым проводом и соединяется с панелью в одной точке; если использовать панель вместо одного из проводников цепи накала, может появиться фон переменного тока. По той же причине незаземленные гнезда звукоснимателя и микрофона необходимо тщательно изолировать от деревянной стенки шасси, надев на них резиновые или полихлорвиниловые трубочки.

Налаживание. Если монтаж выполнен правильно с использованием заведомо исправных деталей, наладить усилитель, придерживаясь советов, изложенных в пятнадцатой беседе, не составит большого труда.

Ориентировочные напряжения, которые должны быть на анодах и экранирующих сетках лампы, а также напряжения смещения указаны на принципиальной схеме радиоузла.

Первое испытание радиоузла производится при выключенных линиях. При этом на выход усилителя включается временная «нагрузка». В качестве такой нагрузки можно использовать автомобильную 12-вольтовую лампочку, подключив ее к одной из секций вторичной обмотки выходного трансформатора. При наиболее сильных сигналах лампочка должна вспыхивать. К другой секции или ко всей вторичной обмотке присоединяется громкоговоритель.

Включать и испытывать усилитель без нагрузки недопустимо — может испортиться выходной трансформатор.

При испытании усилителя на работу от микрофона громкоговоритель должен быть вынесен за пределы помещения, в котором находится микрофон. В противном случае между микрофоном и громкоговорителем создастся так называемая акустическая связь и громкоговоритель начнет «выть». Это надо помнить всегда, особенно при ведении школьных передач.

Общее сопротивление резисторов R_1R_2, подключаемых к гнездам звукоснимателя, может быть в пределах от 82 до 100 *ком*. Его

надо подобрать так, чтобы напряжение на резисторе R_2 было примерно равно напряжению, развиваемому микрофоном. Практически эту задачу можно решить следующим путем. Составь цепочку из одинаковых по сопротивлению резисторов, например по 51 *ком*. В этом случае на вход усилителя будет подаваться половина напряжения, развиваемого звукоснимателем. Если радиоузел от звукоснимателя будет работать громче, чем от микрофона, сопротивление резистора R_1 придется увеличить. И, наоборот, сопротивление этого резистора придется уменьшить, если радиоузел будет громче работать от микрофона.

Окончательное налаживание всего радиоузла производится при включенных линиях, нагруженных громкоговорителями (когда в школе нет занятий).

ОБОРУДОВАНИЕ РАДИОУЗЛА И ТРАНСЛЯЦИОННЫХ ЛИНИЙ

Оборудование радиоузла сводится к размещению и соединению входящих в него устройств и приборов, монтажу линейного распределительного щитка и проводке линий к громкоговорителям. Для радиоузла желательно иметь небольшую, но отдельную комнату или постоянное место, например в физическом кабинете или пионерской комнате.

Примерное расположение и монтаж оборудования радиоузла показаны на рис. 266. Микрофон и звукосниматель соединяются с усилителем экранированными проводами. Их металлические оплетки заземляются или используются как заземленные проводники. Микрофон во время передачи устанавливается на расстояние не менее 80—100 *см* от стены.

Провода от усилителя к линейному распределительному щитку прокладываются по стене и от него разветвляются по коридорам школы. Трансляционные линии можно выполнить двойным проводом в полихлорвиниловой изоляции, применяемым для проводки телефонов и звонков.

Линейный распределительный щиток — это несколько переключателей, смонтированных на доске из листового эбонита, текстолита или другого прочного изоляционного материала. Каждая линия должна иметь свой переключатель. Размер щитка зависит от габаритов и числа устанавливаемых на нем переключателей.

Одна из возможных конструкций щитка, рассчитанного на три трансляционные линии, и его принципиальная схема показаны на рис. 267. К щитку (на схеме он обведен пунктиром) подведены провода от выходного трансформатора. Провод, идущий от его зажима *4*, является общим для всех линий. По этой схеме в линию *3* подается напряжение только с секции *III* вторичной обмотки трансформатора (15 *в*). В нее, следовательно, включаются громкоговорители, рассчитанные на напряжение 15 *в*. Линии *1* и *2* рассчитаны на

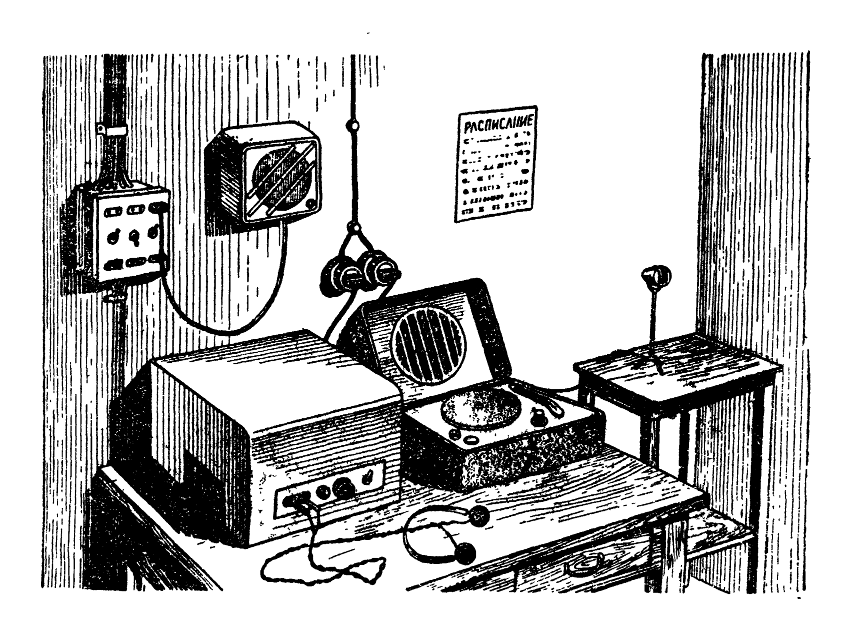


Рис. 266. Примерное расположение оборудования школьного радиоузла.

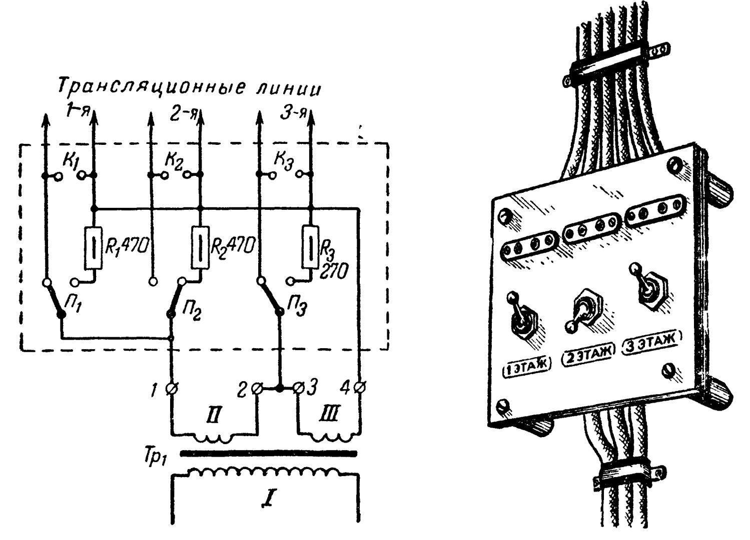


Рис. 267. Принципиальная схема и устройство линейного распределительного щитка.

30-вольтовые громкоговорители, так как в них подается напряжение обеих секций вторичной обмотки трансформатора. Включение линий осуществляется переключателями $П_1$, $П_2$ и $П_3$. Когда линии выключены, вместо них к секциям вторичной обмотки выходного трансформатора подключаются нагрузочные резисторы R_1, R_2 (по 470 *ом*) и R_3 (270 *ом*). Резистор R_1 относится к линии *1*, R_2 — к линии *2* и R_3 — к линии *3*. Если этих резисторов не будет, то при выключенных линиях может произойти пробой в выходном трансформаторе. В качестве переключателей используются тумблеры.

Параллельно каждой линии на щитке смонтированы контрольные гнезда $К_1$, $К_2$ и $К_3$. Они служат для проверки работы и измерения сопротивления каждой линии в отдельности, что бывает необходимо при отыскании неисправностей в линиях.

Щиток крепится к стене шурупами на четырех фарфоровых роликах. Рядом с ним можно повесить контрольный громкоговоритель, схему радиоузла и трансляционной сети, расписание работы радиоузла.

Усилитель радиоузла, о котором мы сейчас рассказали, отдает в трансляционную сеть мощность тока низкой частоты около 5 *вт*. Эта мощность, конечно, невелика по сравнению с мощностью станций городских трансляционных узлов. Но она и не так уж мала, если умело распределить ее между громкоговорителями. Ведь мощности нашего усилителя достаточно для хорошей работы 15—25 абонентских электродинамических громкоговорителей, чего хватит для радиофикации школы средних размеров. Именно такие динамики мы и рекомендуем использовать для радиофикации коридоров и других помещений школы. А в актовом или физкультурном зале, где ребята собираются в торжественные дни, можно установить два-три более мощных громкоговорителя, укрепив их на больших отражательных досках, чтобы они лучше звучали. К ним можно подвести отдельные линии, которые будут включаться только на время больших сборов. Все остальные линии на это время придется выключать.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАДИОУЗЛА

В усилитель радиоузла можно внести ряд усовершенствований. Вот некоторые из них. Вместо двух постоянных резисторов R_1 и R_2 на входе усилителя можно поставить переменный резистор сопротивлением 820 — 1 000 *ком*. Это позволит быстро согласовать громкости передачи от микрофона и звукоснимателя при замене одного из этих приборов. А если к тому же вместо переключателя рода работы поставить два выключателя ($Вк_м$ и $Вк_{зв}$ на рис. 268), можно будет включать и выключать микрофон и звукосниматель независимо друг от друга. Это к тому же позволит передавать разговорную речь на фоне музыки.

Переменным резистором можно заменить и делитель напряжения контрольного телефона, что позволит по желанию изменять громкость звучания телефона. Можно также сделать плавную регулировку тембра звука, заменив постоянный резистор R_{13} переменным.

Если выходная мощность усилителя окажется недостаточной для радиофикации школы, можно увеличить ее до 20—25 *вт*. Для этого к нему нужно добавить двухтактный усилитель мощности.

На рис. 269 приведены две схемы усилителя с двухтактными мощными выходными каскадами. В обеих схемах лампа $Л_1$ (6С5С, 6С2П или один триод ламп 6Н8С, 6Н9С, 6Н1П, 6Н3П) работает в предоконечном каскаде усиления низкой частоты, а лампы $Л_2$ и $Л_3$ (6П3С или 6П14П, 6П6С) — в двухтактном усилителе мощности.

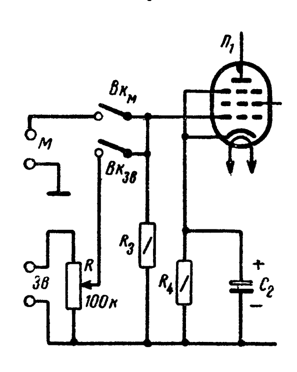


Рис. 268. Видоизмененная схема входной части усилителя радиоузла.

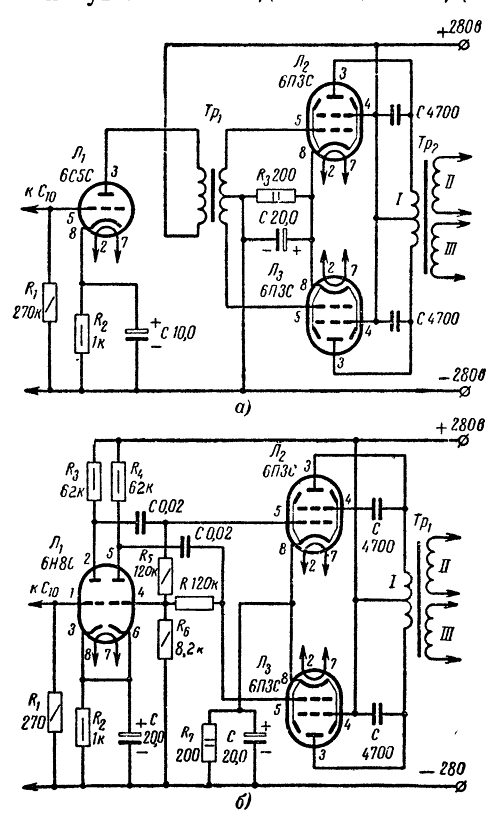


Рис. 269. Принципиальные схемы усилителя мощности низкой частоты.

ности. Управляющая сетка первой лампы этого усилителя (в схеме *а* — сетка левого триода) соединяется с управляющей сеткой выходного каскада 5-ваттного усилителя.

Сущность работы двухтактной схемы заключается в следующем. Колебания низкой частоты с предоконечного каскада подаются на управляющие сетки обеих ламп выходного каскада так, что напряжения на этих сетках изменяются в любой момент времени в противоположных направлениях. Когда, например, на управляющей

сетке лампы $Л_2$ напряжение возрастает, на сетке лампы $Л_3$ оно должно убывать. И, наоборот, когда на сетке лампы $Л_3$ напряжение возрастает, на сетке лампы $Л_2$ оно должно уменьшаться. В соответствии с изменениями напряжений на управляющих сетках ламп изменяются и их анодные токи: когда увеличивается анодный ток одной лампы, анодный ток второй лампы уменьшается, и наоборот.

Анодные токи обеих ламп проходят по секциям первичной обмотки выходного трансформатора в противоположных направлениях. При этом увеличение анодного тока одной лампы и одновременное уменьшение анодного тока другой лампы создают во вторичной обмотке выходного трансформатора ток одного направления. Получается суммирование действий анодных токов обеих ламп. В результате на выходе получаются более мощные колебания, чем в обычной «однотактной» схеме.

В схеме на рис. 269, *а* переменное напряжение на сетки ламп подается с трансформатора $Тр_1$, вторичная обмотка которого имеет вывод от средней точки. В схеме на рис. 269, *б* применена так называемая ф а з о и н в е р с н а я схема предоконечного каскада. Она хороша тем, что в ней нет дополнительного междулампового трансформатора.

Междуламповый трансформатор ($Тр_1$ в схеме на рис. 269, *а*) имеет сердечник сечением 5—6 *см*^{2}. Его первичная обмотка содержит 3 000 витков провода ПЭЛ 0,12—0,15, а вторичная — 12 000 витков того же провода с отводом от 6 000-го витка. Выходной трансформатор обеих схем имеет сердечник сечением 9—10 *см*^{2}. Первичная обмотка его содержит 1 600 витков ПЭЛ 0,15—0,2 с отводом от 800-го витка, а секции вторичной обмотки — по 250—300 витков провода ПЭЛ 0,4—0,5. На выходном трансформаторе может быть еще одна обмотка для включения динамического громкоговорителя без согласующего трансформатора. Она должна содержать 30—40 витков провода ПЭЛ 1,0—1,2.

В качестве выходного трансформатора можно использовать трансформатор питания. Его повышающая обмотка со средним выводом включается как первичная обмотка, а сетевая и накальная обмотки используются как вторичные обмотки выходного трансформатора.

Двухтактный каскад можно смонтировать в виде отдельной приставки и питать от самостоятельного выпрямителя, собранного по двухполупериодной схеме с кенотроном 5Ц4С или на полупроводниковых плоскостных диодах. Если же вы решите сразу делать усилитель с двухтактным выходным каскадом, для питания такого усилителя потребуется трансформатор питания мощностью не менее 100 *вт*, а в выпрямителе нужно будет использовать кенотрон 5Ц3С или два соединенных параллельно кенотрона 5Ц4С (соединяют попарно выводы анодов, катодов и нитей накала).

ШКОЛЬНОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

Оборудование радиоузла должно быть всегда в образцовом порядке. Плохое качество работы радиоузла быстро подорвет авторитет его конструкторов. Поэтому надо внимательно следить за исправностью его аппаратуры и линий.

Так как строительство и техническую эксплуатацию радиоузла обычно осуществляет школьный радиокружок, из его состава выделяется один более опытный учащийся, который постоянно следит за исправностью и сохранностью аппаратуры и трансляционной сети. Он же назначает дежурных операторов радиоузла и линейных монтеров, инструктирует их.

Работа радиоузла должна вестись по строгому расписанию, утверждаемому директором школы. Планирование и организация передач возлагаются на редколлегию школьного радиовещания, выбранную на комсомольском собрании и совете пионерской дружины школы. Редколлегия имеет своих корреспондентов, редактирует поступающие от них заметки, составляет программы передач. Текстовой материал каждой передачи утверждается директором или заведующим учебной частью школы. Все передачи регистрируются в дневнике радиоузла.

Опыт работы школьных радиоузлов показывает, что передачи целесообразно вести во время больших перемен.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ РАДИОУЗЕЛ

Туристский палаточный лагерь или полевой стан ученической производственной бригады, где, возможно, тебе и твоим товарищам придется быть летом, тоже надо постараться радиофицировать, чтобы и там можно было слушать музыку, новости дня, узнать, какая на следующие дни ожидается погода.

Если в предполагаемом месте разбивки самодеятельного туристского лагеря или на полевом стане не будет электросети, не беда — выручит транзисторный радиоузел.

Принципиальная схема усилителя такого радиоузла показана на рис. 270. Усилитель трехкаскадный. Первые два каскада, в которых работают транзисторы T_1 и T_2 типа П13—П15, являются предварительным усилителем напряжения. Третий каскад — двухтактный усилитель мощности, принцип работы которого аналогичен принципу работы двухтактного лампового усилителя мощности. В этом каскаде работают мощные транзисторы типа П201, развивающие на выходе мощность тока низкой частоты около 1,5 *вт*, что обеспечивает одновременную работу шести — восьми абонентских громкоговорителей или несколько десятков головных телефонов.

Для питания усилителя нужна батарея с напряжением около 12 *в*, составленная из трех батареек для карманного фонарика или

восьми — десяти элементов типа «Сатурн». При таком напряжении ток покоя усилителя составляет 25—30 *ма*, а во время работы, когда он отдает полную мощность, — около 250 *ма*. Расход энергии батарей на питание усилителя, как видишь, значительный, но он не больше энергии, потребляемой лампочкой карманного фонарика.

На вход усилителя может быть включен микрофон (с повышающим трансформатором), что позволит передавать объявления, наиболее важные сообщения, или простейший однотранзисторный радиоприемник, настроенный на местную радиостанцию.

Резистор R_1 — регулятор громкости; R_4 — коллекторная нагрузка первого транзистора; R_9 и конденсатор C_2 — ячейка развязывающего фильтра, предупреждающая самовозбуждение уси-

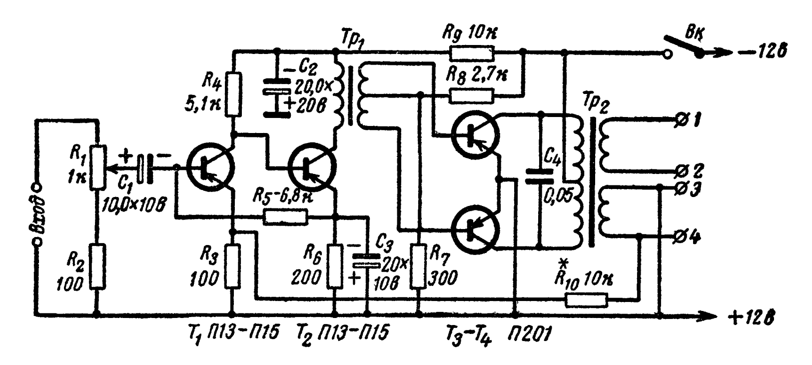


Рис 270. Принципиальная схема транзисторного усилителя радиоузла.

лителя через цепи питания. Резистор R_5 создает между транзисторами T_1 и T_2 отрицательную обратную связь по постоянному току, что улучшает температурную стабилизацию работы предварительного усилителя и, кроме того, повышает его входное сопротивление.

Связь между вторым и выходным каскадами усилителя — трансформаторная. Напряжение смещения на базы транзисторов T_2 и T_3 подается с потенциометра R_7R_8 через половинки вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$. Отрицательное напряжение на коллекторы транзисторов T_3 и T_4, равное напряжению батареи, подается через соответствующие секции первичной обмотки выходного трансформатора $Тр_2$. Вся эта обмотка заблокирована конденсатором C_4.

Вторичная обмотка выходного трансформатора состоит из двух секций, в каждой из которых при работе усилителя развивается напряжение низкой частоты около 15 *в*, а в обеих секциях, соединенных последовательно, — около 30 *в*. Это позволяет подключать к выходу усилителя абонентские громкоговорители, согласующие трансформаторы которых рассчитаны на напряжения 15 и 30 *в* (точно так же, как в ламповом усилителе).

Для улучшения качества работы усилителя все три каскада его охвачены глубокой отрицательной обратной связью. Эта связь осуществляется с помощью резистора R_{10}, через который напряжение выходного сигнала подается на эмиттер первого транзистора усилителя. Глубина отрицательной обратной связи зависит от сопротивления этого резистора и подбирается опытным путем во время налаживания усилителя.

Конструкция и монтаж усилителя показаны на рис. 271. Все детали усилителя, кроме входных гнезд, переменного резистора R_1, выходных зажимов *1—4* и выключателя *Вк*, размещены и смонтированы на гетинаксовой (можно фанерной) плате размером 100 × × 175 *мм*.

Транзисторы П201 и трансформаторы углублены в отверстия в монтажной плате. Пластинки сердечников трансформаторов, зажатые между платой и накладками, выпиленными из гетинакса, стянуты болтиками диаметром 3 *мм*.

Входные гнезда и выходные зажимы, переменный резистор R_1 и выключатель питания *Вк* крепятся на передней панели футляра. На ней же на четырех стойках высотой по 20—25 *мм* жестко крепится и монтажная плата усилителя.

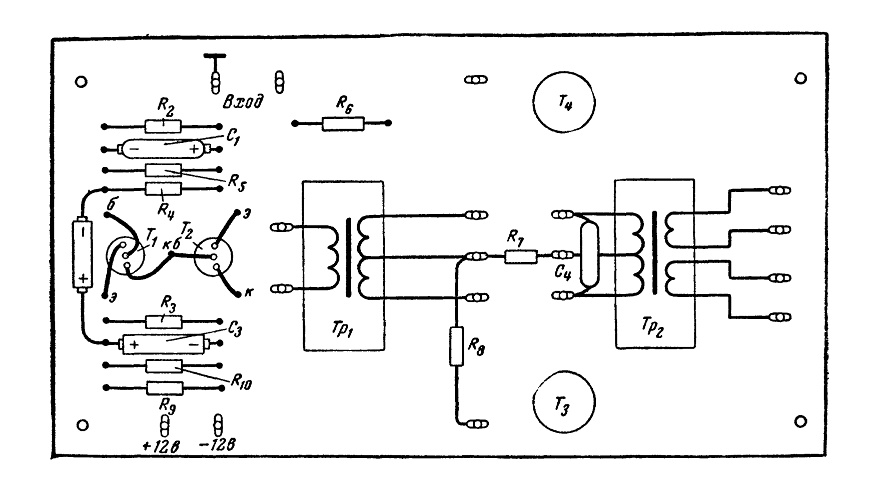
Междукаскадный и выходной трансформаторы — самодельные. Для их сердечников могут быть использованы пластины Ш-8, Ш-10 или Ш-12. Сечение сердечника междукаскадного трансформатора должно быть 0,7—0,75 *см*², выходного 1,0—1,2 *см*².

Первичная обмотка междулампового трансформатора содержит 2 000 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 240 витков провода ПЭЛ 0,15 с отводом от середины. Обмотки выходного трансформатора: первичная — 600 витков провода ПЭЛ 0,3 с отводом от середины, вторичные — по 360 витков того же провода.

Футляр усилителя, в том числе его передняя панель, может быть как металлическим, например из листового алюминия толщиной 1,5 *мм*, так и фанерным. Батарея размещается внутри футляра, за монтажной платой усилителя.

Если при монтаже усилителя не будет допущено ошибок, он начнет работать сразу. Единственное, что потребуется, — найти правильное подключение резистора R_{10}, образующего цепь отрицательной обратной связи. Дело в том, что эта цепь будет улучшать частотную характеристику усилителя только при вполне определенном подключении резистора R_{10} ко вторичной обмотке выходного трансформатора. Иначе она превратится в положительную обратную связь и усилитель станет самовозбуждаться.

Рекомендуем при первом испытании усилителя отключить резистор R_{10} от вывода обмотки выходного трансформатора. А испытав усилитель при работе от микрофона, приемника или звукоснимателя, найти такое подключение этого резистора к тому из крайних выводов вторичной обмотки выходного трансформатора (на рис. 270 — отводы, идущие к зажимам *3* и *4*), при котором уси-



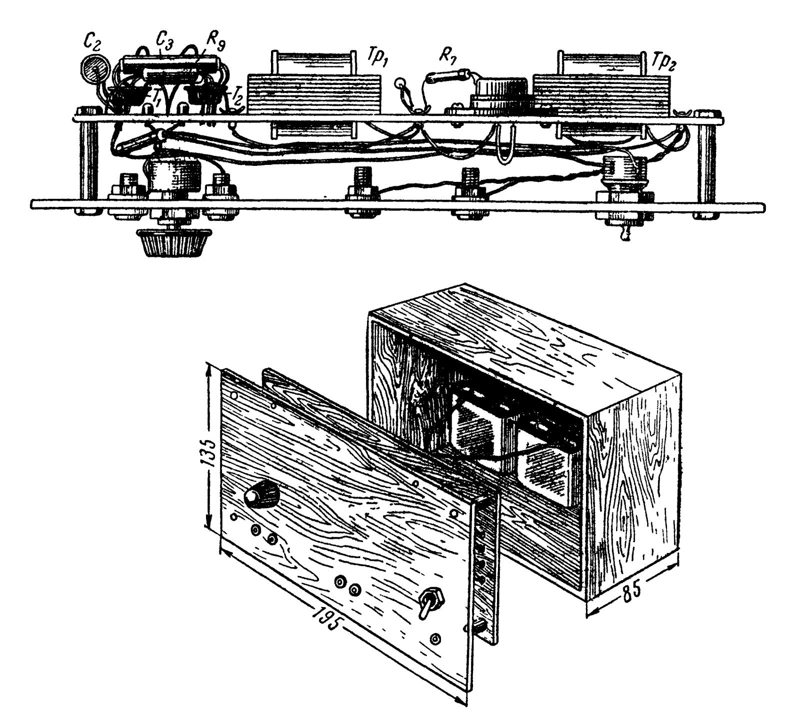


Рис. 271. Монтаж и конструкция транзисторного усилителя радиоузла.

литель не возбуждается. Затем подобрать сопротивление этого резистора: чем меньше будет его сопротивление, тем сильнее будет сказываться отрицательная обратная связь.

В рекомендуемой нами конструкции усилителя радиоузла переносного типа предусмотрены только два входных гнезда, предназначенных для подключения к нему микрофона либо радиоприемника. Но на монтажной плате усилителя можно разместить еще и простой радиоприемник. В этом случае схема входной части радиоузла может иметь вид, показанный на рис. 272. Здесь катушка L и подстроечный конденсатор C_2 вместе с антенным устройством и антенным конденсатором C_1 образуют колебательный контур однотранзисторного приемника, настраиваемого на местную радиовещательную станцию. Колебания низкой частоты, выделенные и усиленные транзистором T, через электролитический конденсатор C_3 подаются к переключателю $П$, а от него — к входному резистору R_1 усилителя. С помощью этого же переключателя, роль которого может выполнять тумблер, на вход усилителя включается и микрофон. Питание транзистора приемника может осуществляться от части батареи усилителя.

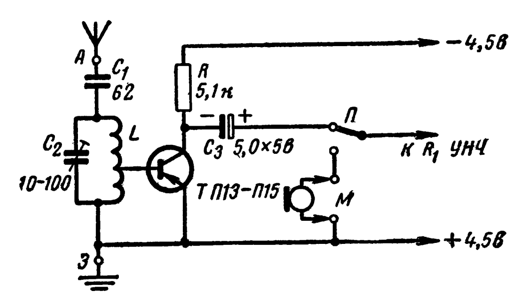


Рис. 272. Входное устройство транзисторного радиоузла.

Переключатель рода работы и дополнительные гнезда для подключения антенны и заземления крепятся на передней панели футляра.

В лагерных или полевых условиях трансляционные линии можно прокладывать любым изолированным проводом, укрепляя его на опорах палаток, кольях или ветках деревьев. Главное — следить, чтобы в линиях не было замыканий, чтобы не было утечки тока низкой частоты в землю через оголенные участки линейных проводов. Эти линии — времянки. Кончится лето — их надо аккуратно свернуть и убрать до следующего лета.

О

ОТ ПРИЕМНИКА ПРЯМОГО УСИЛЕНИЯ К СУПЕРГЕТЕРОДИНУ

Открой стр. 360. Там, на рис. 278, помещена принципиальная схема простого сетевого супергетеродина.

Прикрой листком бумаги левую часть этой схемы до пунктирной линии и нарисуй на нем антенну и заземление, как это сделано на рис. 273. Получилась знакомая тебе схема приемника прямого усиления 0—V—1 с фиксированной настройкой. Контур L_8C_{14}, соединенный с управляющей сеткой лампы $Л_2$, работающей как сеточный детектор с обратной связью, индуктивно связан с антенным контуром L_7C_{13}. Лампа $Л_3$ работает как усилитель низкой частоты.

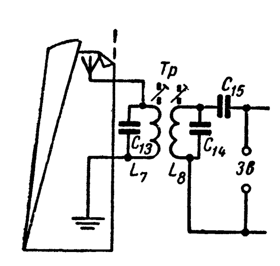


Рис. 273. Так надо прикрыть схему супергенератора.

Убери теперь листок бумаги и посмотри, откуда поступает в контур L_7C_{13} модулированный сигнал высокой частоты. Этот контур включен в анодную цепь лампы $Л_1$. Значит, высокочастотный сигнал поступает в контур из этой цепи.

Каким же образом при контуре с фиксированной настройкой удается получить прием радиостанций, работающих на волнах различной длины? Это обеспечивает п р е о б р а з о в а т е л ь частоты, который ты прикрывал листком бумаги.

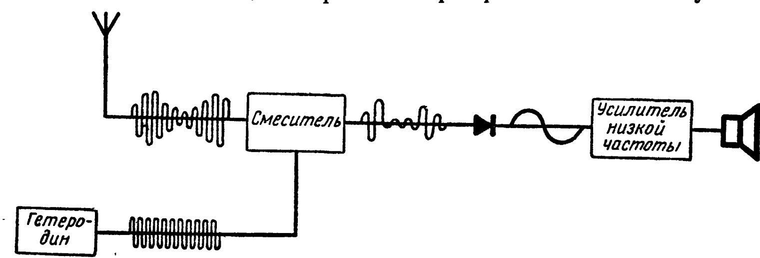


Рис. 274. Блок-схема простого супергетеродина.

Сущность работы супергетеродина мы иллюстрируем блок-схемой, изображенной на рис. 274. Высокочастотные колебания, возбужденные радиоволнами в антенне, поступают в смеситель,

роль которого выполняет электронная лампа или транзистор, работающие подобно усилителю. Сюда же, в смеситель, подводятся еще колебания высокой частоты, вырабатываемые вспомогательным генератором — **гетеродином**. Эти два вида электрических колебаний, различающиеся по частоте, «смешиваются»; в результате на выходе смесителя образуются колебания новой, **промежуточной частоты**. Это тоже модулированные высокочастотные колебания, только иной частоты, которая остается постоянной при приеме радиостанции с любой длиной волны. Колебания промежуточной частоты поступают на детектор и преобразуются им в колебания низкой частоты. Далее, как в любом приемнике, идут усиление и преобразование низкочастотных колебаний в звук.

Смеситель и гетеродин образуют преобразователь супергетеродина.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ СУПЕРГЕТЕРОДИНА

А теперь поподробнее разберем устройство и принцип работы преобразователя супергетеродина.

Упрощенную схему преобразователя лампового супергетеродина ты видишь на рис. 275. Правая часть этой схемы, обведенная пунктирными линиями, — гетеродин. Она должна напомнить тебе схему однолампового радиоприемника с индуктивной обратной связью. Если подобрать соответствующим образом взаимосвязь катушки обратной связи L_3 с контурной катушкой L_2, нетрудно будет заставить лампу $Л_г$ гетеродина генерировать устойчивые колебания высокой частоты. А изменяя индуктивность контурной катушки L_2 и емкость конденсатора C_3, можно получить требуемую частоту вспомогательных колебаний. Эти колебания подаются на вторую сетку смесительной лампы $Л_с$. В анодную цепь смесительной лампы включен колебательный контур L_4C_6, настроенный на определенную, заранее выбранную промежуточную частоту. Индуктивно с этим контуром связан контур L_5C_7, настроенный на ту же частоту. Катушки L_4 и L_5 образуют трансформатор промежуточной частоты.

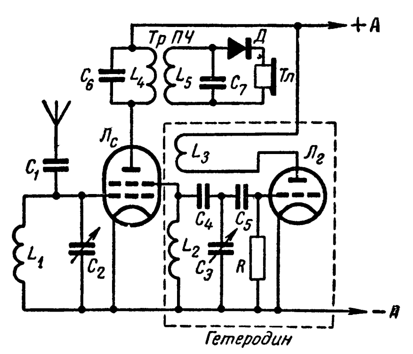


Рис. 275. Упрощенная схема преобразователя супергетеродина с двумя электронными лампами.

Когда на сетки лампы $Л_с$ поступают одновременно высокочастотные колебания входного контура и гетеродина, в анодной цепи лампы, а значит, и в контурах L_4C_6 и L_5C_7 появляется переменная составляющая новой, промежуточной частоты.

Колебания промежуточной частоты, выделенные контурами трансформатора, могут быть усилены, продетектированы, а создающиеся колебания низкой частоты — преобразованы телефоном в звук.

В преобразовательных каскадах массовых промышленных и любительских ламповых супергетеродинов используются чаще всего лампы с пятью сетками — гептоды или триод-гептоды, специально предназначенные для этой цели. Схематические обозначения наиболее распространенных ламп этого типа показаны на рис. 276.

Если для преобразователя используется триод-гептод, то триодная часть этой лампы работает в гетеродине, а гептодная часть — смесителем. В этом случае сигнал радиостанции, на которую на-

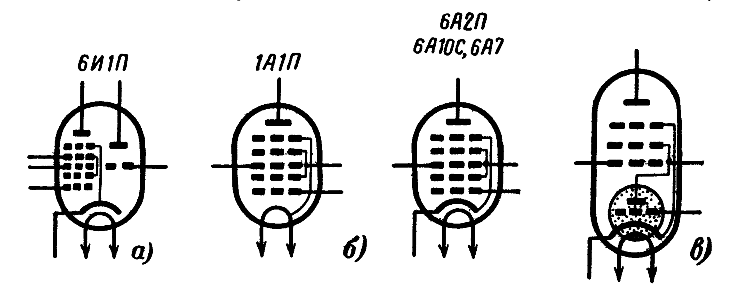


Рис. 276. Схематическое обозначение преобразовательных ламп сетевых супергетеродинов.

а — триод-гептод; *б* — гептод; *в* — чертеж к объяснению принципа работы гептода.

строен входной контур приемника, подается на первую от катода сетку гептода, а колебания гетеродина — на третью сетку.

Когда же в преобразователе используется гептод, его первая сетка служит управляющей сеткой гетеродина, вторая выполняет функцию анода гетеродина, третья является управляющей сеткой смесителя, четвертая — экранирующей сеткой, а пятая — защитной. Вторая и четвертая сетки соединены внутри лампы.

Гептод является прибором, объединяющим в себе как бы две лампы с общим электронным потоком: триод и пентод. В триод входят катод и первая и вторая сетки, а остальные электроды вместе с триодом образуют пентод. Такое разделение гептода на две лампы иллюстрируется рис. 276, *в*. Здесь вторая сетка гептода условно изображена в виде анода, триод (покрыт точками) работает в гетеродине; в то же время он является источником электронов для пентода, т. е. как бы катодом для пентодной части. Управляющей сеткой пентодной смесительной части лампы служит третья от катода сетка, экранирующей — четвертая, а защитной — пятая.

Среди транзисторов пока что нет приборов, подобных преобразовательным электронным лампам. Их роль выполняют высокочастотные транзисторы, такие, как П401—П403.

В преобразователях промышленных супергетеродинов используются, как правило, два транзистора, один из которых работает в смесителе, второй — в гетеродине. Радиолюбители же отдают предпочтение более простым схемам преобразователям — однотранзисторным. Одна из таких схем преобразователей показана на рис. 277.

Входная часть этого преобразователя супергетеродина ничем не отличается от входной части высокочастотного каскада приемника прямого усиления. Катушка L_4, включенная в коллекторную цепь транзистора, и контур $L_3C_4C_5$ образуют гетеродинную часть преобразователя. Сущность работы этого участка схемы аналогична сущности работы однолампового регенератора: благодаря индуктивной связи между катушками L_3 и L_4 в гетеродинном контуре возбуждаются электрические колебания. Частота этих колебаний определяется данными контура и регулируется конденсатором переменной емкости C_5.

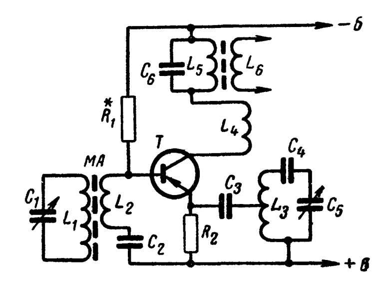


Рис. 277. Схема однотранзисторного преобразователя.

Часть энергии высокочастотных колебаний, возникших в гетеродинном контуре, через конденсатор C_3 подается в цепь эмиттера, усиливается транзистором и через катушку L_4 вновь попадает в гетеродинный контур, поддерживая в нем колебания той частоты, на которую он настроен.

Таким образом, на ток транзистора воздействуют одновременно колебания сигнала принимаемой радиостанции и гетеродинного контура. Смешиваясь, они образуют колебания промежуточной частоты, которые выделяются коллекторной нагрузкой транзистора — контуром L_5C_6, настроенным на эту промежуточную частоту. Через катушку связи L_6 они подаются к усилителю промежуточной частоты, затем детектируются, а колебания низкой частоты преобразуются в звук.

Резистор R_2 в этой схеме можно рассматривать как нагрузку контура гетеродина, на котором выделяется переменное напряжение высокой частоты, вводимое в цепь эмиттера. Конденсатор C_3 является переходным элементом, связывающим контур гетеродина с транзистором.

Независимо от схемы преобразователя, ламп или транзисторов, работающих в этом каскаде супергетеродина, промежуточная частота равна разности частот гетеродина и принимаемой радиостанции. Промежуточная частота является частотой биений между частотами гетеродина и радиостанции. Чтобы в анодной цепи смесительной лампы создавались колебания одной и той же частоты при приеме любой радиостанции, гетеродин должен всегда генерировать колебания с частотой, превышающей частоту колебаний приходящего сигнала точно на выбранную промежуточную.

В большинстве радиовещательных супергетеродинов как ламповых, так и транзисторных промежуточная частота равна 465 *кгц* — частоте, на которой не работают радиовещательные станции. Следовательно, гетеродин приемника должен генерировать колебания такой частоты, которая на 465 *кгц* выше частоты сигнала радиостанции. Так, например, если контуры трансформатора промежуточной частоты приемника настроены на 465 *кгц*, то при приеме радиостанции, работающей на частоте 200 *кгц* (1 500 *м*), гетеродин должен генерировать колебания с частотой 665 *кгц*; при приеме станции, работающей на частоте 1 000 *кгц* (300 *м*), гетеродин должен генерировать колебания с частотой 1 465 *кгц*; при приеме станции, работающей на частоте 10000 *кгц* (30 *м*), частота колебаний гетеродина должна быть 10 465 *кгц* и т. д.

Обеспечение постоянной разности между частотами настройки гетеродинного и входного контуров носит название с о п р я ж е н и я к о н т у р о в. Оно достигается соответствующим выбором индуктивности катушек для каждого диапазона и одновременным изменением емкостей конденсаторов настройки этих контуров. А поскольку емкости их конденсаторов настройки одинаковы, индуктивность гетеродинной катушки должна быть несколько меньше индуктивности катушки входного контура.

Обращаем внимание на конденсатор C_4, входящий в обеих схемах (см. рис. 275 и 277) преобразователя в контур гетеродина и именуемый с о п р я г а ю щ и м к о н д е н с а т о р о м. Будучи включенным последовательно с конденсатором настройки, он уменьшает общую емкость контура и тем самым сокращает диапазон колебаний частот, генерируемых гетеродином. Благодаря сопрягающему конденсатору в любой точке настройки супергетеродина частота колебаний гетеродина превышает частоту колебаний принимаемого сигнала на выбранную промежуточную частоту.

Сопряжение контуров разных диапазонов радиоволн достигается еще подстроечными конденсаторами, а также конденсаторами постоянной емкости, включаемыми параллельно катушкам гетеродинных контуров.

Запомни: точное сопряжение входных и гетеродинных контуров в соответствии с промежуточной частотой — непременное условие для работы супергетеродина.

Если сопряжение сделано недостаточно тщательно, приемник будет работать плохо. Для облегчения сопряжения контуров в супергетеродинах чаще применяют отдельные катушки для каждого диапазона, а не общие катушки с отводами, как это зачастую делается в приемниках прямого усиления.

ПРОСТОЙ ЛАМПОВЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Правая часть схемы простого сетевого супергетеродина (рис. 278), начиная с конденсатора C_{15}, является точным повторением аналогичного участка схемы трехлампового приемника прямого усиления

(см. рис. 225). Каскад усиления высокой частоты этого приемника заменен преобразователем— получился трехламповый супергетеродин. В его преобразователе работает гептод 6А2П ($Л_1$), в сеточном детекторе с обратной связью по промежуточной частоте — пентод 6Ж3П ($Л_2$), в выходном каскаде — лучевой тетрод 6П1П ($Л_3$), в выпрямителе — плоскостные диоды Д7Ж, включенные по мостовой схеме.

Связь входного контура приемника с антенной — емкостная. В этот контур, настройка которого осуществляется конденсатором переменной емкости C_4, входит одна из трех катушек: коротковолновая L_1, средневолновая L_2 или длинноволновая L_3. Каждая из них может быть подключена к конденсатору переменной емкости C_4 переключателем диапазонов $П_1$.

Контур гетеродина состоит из конденсатора переменной емкости C_{12} и одной из катушек: коротковолновой L_4, средневолновой L_5 или длинноволновой L_6. Включение этих катушек в контур гетеродина и подключение контура к лампе осуществляются переключателями $П_2$ и $П_3$.

Установка переключателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$ в положение *К* соответствует коротковолновому, в положение *С* — средневолновому и в положение *Д* — длинноволновому диапазонам. При настройке на одном из диапазонов катушки других диапазонов в работе приемника не участвуют.

Конденсаторы C_7, C_9 и C_{10} являются сопрягающими, а C_2, C_3, C_8 и C_{11} — подстроечными конденсаторами контуров средневолнового и длинноволнового диапазонов. В контурах коротковолнового диапазона подстроечных и сопрягающих конденсаторов нет.

Контур L_7C_{13}, включенный в анодную цепь преобразовательной лампы $Л_1$, а также контур L_8C_{14} цепи сетки детекторной лампы $Л_2$ настроены на частоту 465 *кгц* и образуют трансформатор промежуточной частоты.

Катушка обратной связи L_9, повышающая чувствительность супергетеродина, индуктивно связана с катушкой L_8. Величина обратной связи подбирается переменным резистором R_6.

Приемник ориентировочно охватывает такие диапазоны волн: коротковолновый — от 25 до 60 *м*, средневолновый — от 200 до 550 *м* и длинноволновый — от 700 до 2 000 *м*.

Чтобы как следует разобраться в работе преобразователя, мы на рис. 279 воспроизводим его схему в таком виде, когда переключатели диапазонов установлены в положение приема средневолновых радиостанций. Для наглядности несколько изменено расположение на схеме резистора R_2, конденсатора C_5 и трансформатора промежуточной частоты.

Первая и вторая сетки гептода 6А2П являются соответственно управляющей сеткой и анодом гетеродина, третья сетка — управляющая, четвертая — экранирующая, а пятая — защитная сетка смесительной части гептода. Напряжение на анод гептода подается

через катушку L_7 трансформатора промежуточной частоты, а на экранирующую сетку и анод гетеродина — через резистор R_2.

Гетеродин преобразователя выполнен по трехточечной схеме. Ее так называют потому, что колебательный контур гетеродина, состоящий в данном случае из катушки L_5 и конденсаторов C_7, C_8 и C_{12}, подключен к лампе тремя точками: верхний конец катушки контура через конденсатор C_6 соединен с управляющей сеткой гетеродина, нижний конец катушки — с анодом гетеродина через конденсатор C_5 и общим минусом, а отвод катушки — с като-

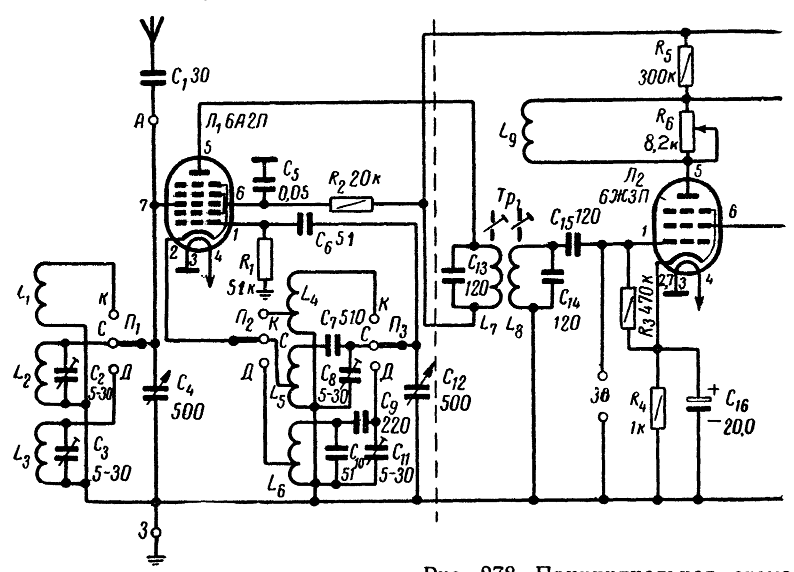


Рис. 278. Принципиальная схема

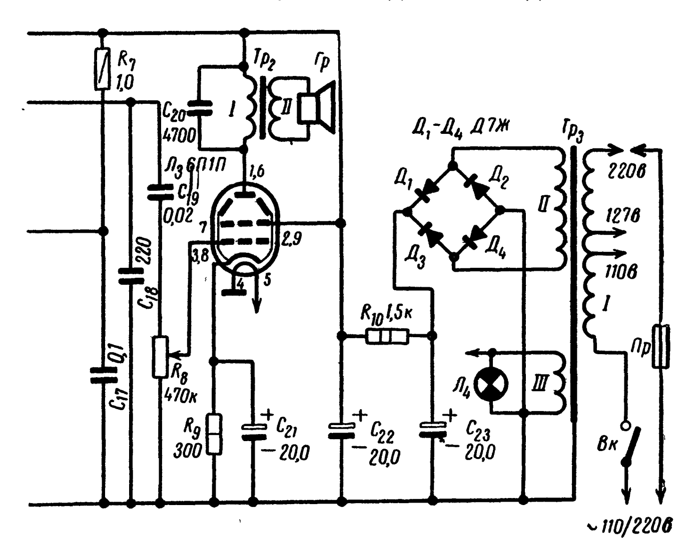
дом лампы. Через нижнюю часть катушки L_6 проходят как переменная, так и постоянная составляющие анодного тока лампы.

Переменная составляющая анодного тока гептода проходит через катушку L_5 от точки *б* к точке *в* и, как в автотрансформаторе, индуцирует переменное напряжение во всех ее витках. Нижняя часть катушки выполняет роль катушки обратной связи, которая входит одновременно в колебательный контур гетеродина. При определенном соотношении витков частей *аб* и *бв* катушки в контуре гетеродина возникают колебания вспомогательной частоты.

Обычно число витков участка *бв* составляет $^1/_4$ или $^1/_3$ общего числа витков всей катушки гетеродинного контура. Частота колебаний гетеродина определяется индуктивностью катушки и емкостью входящих в него конденсаторов; при настройке приемника эта частота плавно изменяется конденсатором переменной емкости C_{12}.

Конденсатор C_6 и резистор R_1 обеспечивают наивыгоднейший режим работы гетеродинной части гептода.

Входной контур преобразователя ничем не отличается от такого же контура приемника прямого усиления. Настройка его осуществляется конденсатором переменной емкости C_4, объединенным в блок с конденсатором C_{12} контура гетеродина. Модулированные колебания высокой частоты, на которые настроен входной контур, поступают на управляющую сетку смесительной части гептода и воздействуют на его анодный ток. Но на поток электронов гептода влияют еще колебания гетеродина. Совместно управляя электронным потоком в лампе, они создают в анодной цепи колебания про-



простого сетевого супергетеродина.

межуточной частоты (465 *кгц*). Контуры L_7C_{13} и L_8C_{14} выделяют колебания промежуточной частоты, которые детектор преобразует в колебания низкой частоты.

Согласование частот входного и гетеродинного контуров в начале диапазона осуществляется подстроечными конденсаторами C_2 и C_8, а в конце диапазона — подбором индуктивностей катушек.

Рассмотри теперь внимательно схемы входных и гетеродинных контуров длинноволнового диапазона супергетеродина (см. рис. 278). Они такие же, как и контуры средневолнового диапазона. Разница только в том, что в гетеродинном контуре длинноволнового диапазона имеется дополнительный сопрягающий конденсатор C_{10}, подключенный параллельно катушке L_6. А в контурах коротковолнового диапазона сопрягающих и подстроечных конденсаторов нет.

Чтобы сетевой приемник 1—V—1, рекомендованный нами в пятнадцатой беседе (по схеме на рис. 225), стал супергетеродином, надо лишь переделать каскад усиления высокой частоты, превратив

его в преобразователь. Удали катушки колебательных контуров и дроссель высокой частоты и отпаяй монтажные проводники от переключателя диапазонов и панельки первой лампы. Оставь только цепь накала. Укрепи на шасси контурные катушки средневолнового и длинноволнового диапазонов и трансформатор промежуточной частоты, как показано на рис. 280. Катушки коротковолнового диапазона размести в подвале шасси около переключателя диапазонов. Подстроечные конденсаторы можно смонтировать на любой стороне горизонтальной панели шасси. Важно лишь, чтобы они находились возможно ближе к катушкам и переключателю диапазонов. Монтаж этой части супергетеродина делай, руководствуясь принципиальной схемой на рис. 278.

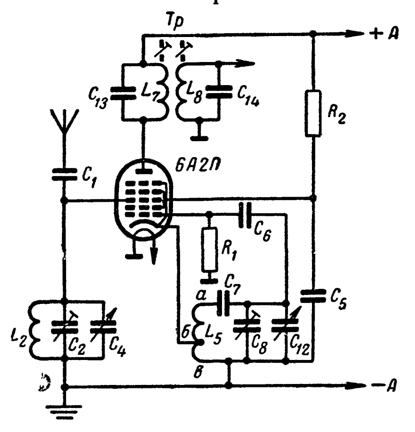


Рис 279. Схема преобразователя сетевого супергетеродина.

Входные и гетеродинные катушки намотай сам. Их устройство показано на рис. 281, а данные приведены в следующей таблице.

Диапазоны	Коротковолновый		Средневолновый		Длинноволновый	
Катушки	L_1	L_4	L_2	L_5	L_3	L_6
Число витков	8	$7\frac{3}{4}$ витка, отвод от 3-го витка	60 + 20 витков	50 + 20 витков, отвод от 12-го витка	270 + 40 витков	110 + 20 витков, отвод от 16-го витка
Провод	ПЭЛ 0,6—0,8		ПЭШО или ПЭЛ 0,15—0,25			

Все катушки наматывай на картонных гильзах патронов для охотничьего ружья или самодельных цилиндрических картонных каркасах. Диаметр каркасов 18—20 *мм*. Коротковолновые катушки однослойные; их витки укладывай с таким расчетом, чтобы общая длина намотки составила около 12 *мм*. Следи, чтобы при пайке отвода гетеродинной катушки не получилось замыкания между соседними витками.

Входные и гетеродинные катушки средневолнового и длинноволнового диапазонов многослойные, намотанные «внавал» между щечками. Можно применить и катушки типа «Универсаль». Они имеют подстроечные секции, намотанные в один-два слоя на кар-

тонных или прессшпановых гильзах шириной 8—10 *мм*. Гильзы подстроечных секций должны с небольшим трением передвигаться по каркасу. Такая конструкция катушек облегчает подстройку контуров, избавляя от кропотливой отмотки или домотки катушек во время налаживания приемника. Чтобы витки подстроечных секций не сползли, их можно смазать лаком или клеем. В нижних частях каркасов средневолновых и длинноволновых катушек укрепи скобочки из толстого монтажного провода и припаяй к ним выводы катушек.

В приемнике могут быть использованы контурные катушки заводских супергетеродинов, а также самодельные средневолновые и длинноволновые катушки с высокочастотными сердечниками, которые мы рекомендовали для батарейного трехлампового приемника (см. рис. 219). Во втором случае надо только уменьшить число витков

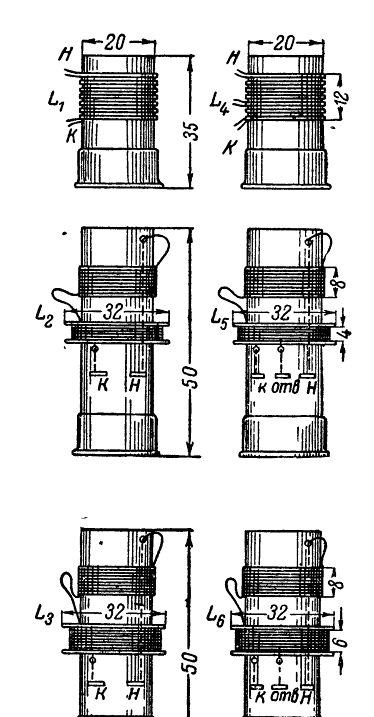


Рис. 281. Контурные катушки супергетеродина.

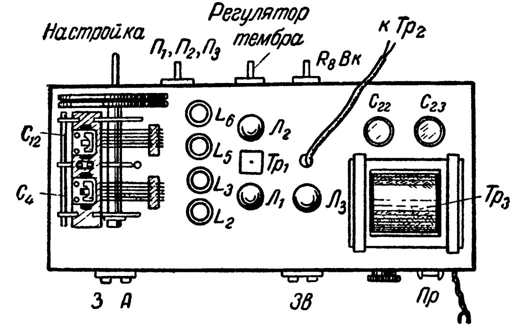


Рис. 280. Размещение основных деталей сетевого супергетеродина на шасси.

катушек детекторного каскада и сделать отводы, чтобы эти катушки были пригодны для контуров гетеродина. Число витков средневолновой катушки надо уменьшить до 100 и сделать отвод от 15-го витка (в супергетеродине она будет катушкой L_5), а длинноволновой катушки до 125 витков с отводом от 20-го витка (она будет катушкой L_6). Индуктивность катушек в конце диапазонов подгоняется сердечниками.

Контуры фильтра промежуточной частоты должны быть рассчитаны на частоту 465 *кгц*. Подойдет трансформатор от любого радиовещательного супергетеродина, в том числе устаревшей конструкции (рис. 282). Возле катушки, которая в твоем приемнике

будет катушкой L_8, поверх нее или между ее секциями намотай 25—30 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2. Она будет катушкой обратной связи L_9.

Переключатель диапазонов двухплатный на три положения.

Во время переделки приемника переменный резистор обратной связи R_6 перенеси на заднюю стенку шасси или укрепи на горизонтальной панели шасси возле трансформатора промежуточной частоты. Пользоваться им ты будешь только при налаживании приемника. А на его месте укрепи переменный резистор для плавной регулировки тембра звука. Советы по включению этого регулятора мы уже давали.

Впрочем, в супергетеродине переменный резистор R_6 можно заменить постоянным с таким же сопротивлением, а подбор вели-

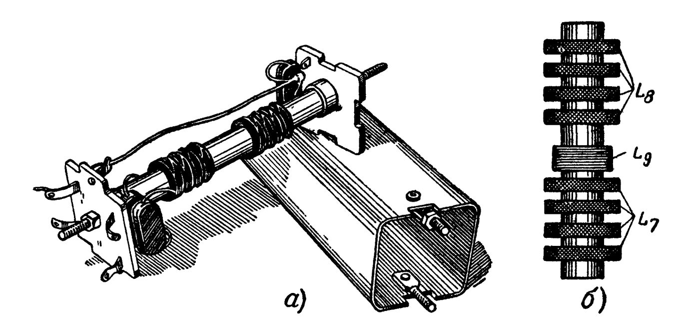


Рис. 282. Одна из возможных конструкций трансформатора промежуточной частоты (*а*) и размещение на каркасе трансформатора катушки обратной связи (*б*).

чины обратной связи осуществлять подстроечным конденсатором. В этом случае схема анодных цепей лампы детекторного каскада будет иметь вид, показанный на рис. 283. Это схема параллельной обратной связи. Резистор R_6 в этом случае станет выполнять роль дросселя высокой частоты. Наивыгоднейшая величина обратной связи устанавливается подстроечным конденсатором C емкостью 10—50 *пф*. Укрепи его возле трансформатора промежуточной частоты. Если в процессе налаживания приемника выяснится, что емкость этого конденсатора мала, параллельно ему надо будет подключить конденсатор постоянной емкости.

Если ты строил батарейный приемник 1—V—1, который решил теперь превратить в супергетеродин, его высокочастотную часть надо перемонтировать по схеме, приведенной на рис. 284. Остальная часть схемы приемника прямого усиления останется без изменений.

В преобразователе этого супергетеродина используется гептод 1А1П ($Л_1$). Гетеродинная часть преобразователя аналогична регенератору с индуктивной обратной связью.

Катушки L_1, L_4 и L_7 — коротковолновые, $L_2 L_5$ и L_8 — средневолновые, L_3, L_6 и L_9 — длинноволновые. Из них L_4, L_5, L_6 — катушки контуров гетеродина, а L_7, L_8 и L_9 — соответствующие им катушки обратной связи. Напряжение на анод лампы $Л_1$ подается через катушку L_{10} трансформатора промежуточной частоты, а на ее вторую и четвертую сетки — через катушки обратной связи гетеродина.

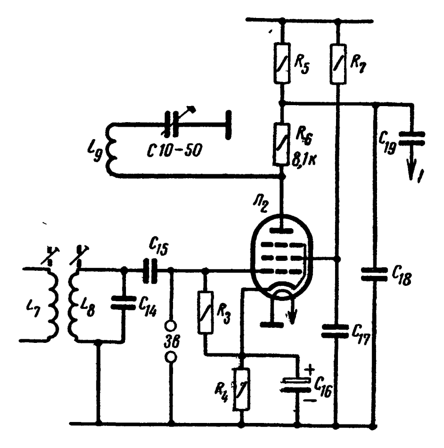


Рис. 283. Видоизмененная схема обратной связи.

Переход на прием радиостанций того или иного диапазона осуществляется переключателями $П_1$, $П_2$ и $П_3$, а плавная настройка — блоком конденсаторов переменной емкости C_4 и C_6.

Конденсаторы C_2, C_3, C_8 и C_{10} — подстроечные, а C_7, C_9 и C_{11} — сопрягающие контуров средневолнового и длинноволнового диапазонов приемника. Резистор R_2 и конденсатор C_{12} образуют ячейку развязывающего фильтра анодной цепи гетеродина.

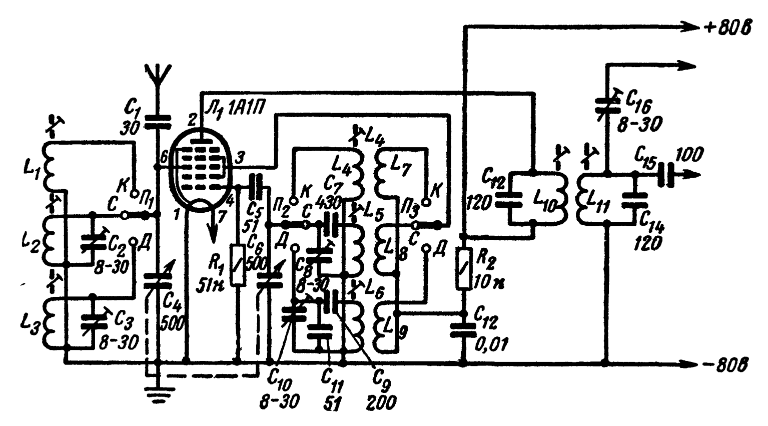


Рис. 284. Принципиальная схема преобразовательного каскада батарейного супергетеродина.

Контур $L_{11}C_{14}$ трансформатора промежуточной частоты, настроенного на частоту 465 *кгц*, является контуром детекторного каскада. Возникающие в нем высокочастотные модулированные колебания через конденсатор C_{15} (в приемнике прямого усиления он был конденсатором C_{11}) подаются на управляющую сетку лампы детекторного каскада.

Величина обратной связи, повышающей чувствительность супергетеродина, подбирается подстроечным конденсатором C_{16} (раньше он был конденсатором C_{12}).

Что нужно сделать, чтобы переоборудовать высокочастотный каскад приемника прямого усиления в преобразователь супергетеродина? Заменить пентод 1К1П этого каскада гептодом 1А1П или 1А2П, между лампами $Л_1$ и $Л_2$ укрепить трансформатор промежуточной частоты на 465 *кгц*, переконструировать переключатель диапазонов или заменить его двухплатным на три положения, изменить данные катушек детекторного каскада применительно к контурам гетеродина и намотать на их каркасы катушки обратной связи, изготовить коротковолновые катушки и, наконец, смонтировать эти детали в соответствии со схемой на рис. 284.

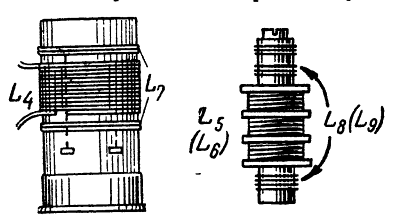


Рис. 285. Гетеродинные катушки батарейного приемника: слева — коротковолнового диапазона, справа — средневолнового и длинноволнового диапазонов.

Данные коротковолновых катушек те же, что и для сетевого супергетеродина, только катушка гетеродина должна быть без отвода; на каркас гетеродинной катушки намотай катушку обратной связи: 10—12 витков провода ПЭЛ 0,15—0,2, расположив их одинаковыми порциями по обе стороны контурной катушки (рис. 285). Точно так же и тем же проводом намотай катушки обратной связи других диапазонов. Средневолновая гетеродинная катушка L_5 должна содержать 100—110 витков, соответствующая ей катушка обратной связи L_8 55—60 витков, длинноволновая гетеродинная катушка L_6 120—125 витков, а ее катушка обратной связи L_9 65—70 витков.

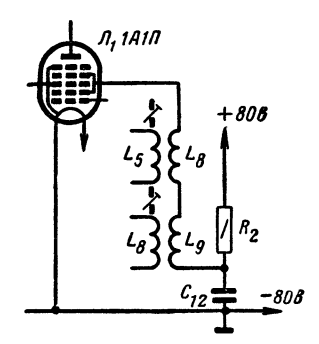


Рис. 286. Видоизмененная схема включения катушек обратной связи гетеродина.

Если ты исключишь коротковолновой диапазон, то можно будет обойтись без реконструкции или замены переключателя диапазонов. В этом случае катушки обратной связи L_8 и L_9 надо соединить последовательно и включить в анодную цепь гетеродина, как показано на рис. 286.

При монтаже гетеродинной части преобразователя помни, что если контурная катушка и ее катушка обратная связи намотаны в одну сторону, то начало контурной катушки должно подключаться к сетке гетеродина, а конец катушки обратной связи — к аноду гетеродина. Иначе генерации не возникнет и приемник работать не

будет. Если во время налаживания приемника обнаружено неправильное включение катушек, надо поменять местами выводы катушки обратной связи гетеродина неработающего диапазона.

Налаживание супергетеродина. После проверки монтажа и подключения к приемнику питания желательно проверить напряжения на электродах преобразовательной лампы. На ее аноде должно быть почти полное напряжение выпрямителя (или анодной батареи), а на экранирующей сетке — примерно вдвое меньшее напряжение, чем на аноде.

Проверив работу низкочастотной части супергетеродина так же, как приемника прямого усиления, о чем мы рассказали в пятнадцатой беседе, можно приступить к налаживанию преобразователя частоты. Сначала надо настроить в резонанс контуры трансформатора промежуточной частоты, затем подогнать диапазоны частот гетеродинных контуров и подстроить входные контуры.

Сердечники катушек трансформатора промежуточной частоты вначале установи примерно в среднее положение, а цепь обратной связи временно отключи. Присоедини к приемнику антенну и заземление и настрой его на какую-либо радиостанцию длинноволнового или средневолнового диапазона. Медленно вращая сердечники трансформатора промежуточной частоты (сначала катушки контура сетки детекторной лампы, затем катушки анодного контура преобразовательной лампы), добейся наибольшей громкости приема. Если радиостанции не слышны, антенну можно временно присоединить к управляющей сетке первой лампы. Затем, не изменяя настройки приемника, включи цепь обратной связи. Величину обратной связи надо подобрать такой, чтобы детекторный каскад был близок к порогу генерации, но не возбуждался. Это будет соответствовать наибольшей чувствительности приемника.

После этого окончательно подстрой сердечниками в резонанс контуры трансформатора промежуточной частоты и переходи к сопряжению гетеродинных и входных контуров. Последовательность сопряжения контуров на различных диапазонах может быть любой, так как каждый диапазон имеет раздельные катушки.

Сопряжение гетеродинных и входных контуров супергетеродина мало чем отличается от настройки в резонанс контуров приемника прямого усиления. Диапазон принимаемых волн (его начало и конец) устанавливается деталями контура гетеродина, а затем под него подстраивается входной контур. В конце диапазона сопряжение производится перемещением подстроечных секций катушек или высокочастотными магнитными сердечниками, а в начале диапазона — подстроечными конденсаторами. Индуктивность коротковолновых катушек можно изменять путем сближения витков или, наоборот, увеличением расстояния между ними. После настройки входного и гетеродинного контуров может появиться необходимость более точно настроить контуры промежуточной частоты.

Окончательно налаженный приемник при наружной антенне и хорошем заземлении должен обеспечить громкий прием многих радиовещательных станций на всех диапазонах.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СУПЕРГЕТЕРОДИНА

Основное преимущество супергетеродина заключается в том, что его чувствительность на всех диапазонах более равномерна, чем у приемника прямого усиления. Он, кроме того, обладает более высокой избирательностью, что объясняется наличием в нем четырех, а не двух, как в трехламповом приемнике прямого усиления, колебательных контуров. Настраивать же одновременно приходится только два из них: входной и гетеродинный. Но чувствительность нашего приемника по сравнению с промышленными супергетеродинами, даже самого низкого класса, мала. Правда, этот недостаток до некоторой степени компенсируется тем, что для радиоприемника используются наружная антенна и заземление, в нем применено сеточное детектирование с положительной обратной связью по промежуточной частоте. Но все это снижает общее достоинство супергетеродина.

Наш супергетеродин может стать более совершенным, если добавить один каскад усиления промежуточной частоты. Резко возрастет чувствительность. При этом сеточное детектирование можно будет заменить диодным, что повысит качество звуковоспроизведения, появится возможность ввести автоматическое регулирование усиления (АРУ) для борьбы с «замираниями» радиоприема.

Ты, конечно, сразу же спросишь: «Как все это сделать?»

Воспользуемся схемой на рис. 287, где показаны дополнения, которые надо внести в простейший сетевой супергетеродин. Напряжение с контура L_2C_5 (раньше он был контуром L_8C_{14}) теперь подается не к сеточному детектору, а на управляющую сетку лампы $Л_2$ (6К4П) усилителя промежуточной частоты. Начальное напряжение смещения на управляющей сетке этой лампы создается катодным резистором R_7, зашунтированным конденсатором C_8.

Нагрузкой лампы $Л_2$ служит контур L_7C_8, настроенный, как и контур L_1C_3 (раньше он был контуром L_7C_{13}) анодной цепи лампы преобразовательного каскада, на частоту 465 *кгц*. С ним связан индуктивно точно такой же контур L_4C_{11}. Колебания промежуточной частоты с этого контура подаются на точечный диод *Д* и детектируются им. Нагрузкой детектора служит резистор R_8. Резистор R_9 и конденсатор C_{12} образуют ячейку фильтра цепи детектора.

Напряжение низкой частоты, создающееся на детекторной нагрузке, через конденсатор C_{13} (в простейшем супергетеродине под этим номером шел сеточный конденсатор детекторной лампы) подается на вход лампы 6Ж3П, которая теперь будет работать только как предварительный усилитель низкой частоты.

Резистор R_1 и конденсатор C_4, а также резистор R_5 и конденсатор C_9 — развязывающие фильтры, предотвращающие вредную связь межд лампами преобразователя и усилителя промежуточной частоты через цепи питания.

Как в этой схеме осуществляется автоматическое регулирование усиления? За счет тока цепи детектора.

Поясним, как это получается.

Во время радиоприема через резисторы R_9 и R_8 идет ток низкой частоты. Постоянная составляющая его, т. е. среднее значение этого тока, создает на цепочке R_9R_8 некоторое напряжение с отрицательной полярностью на верхнем (по схеме) конце ее. Величина этого

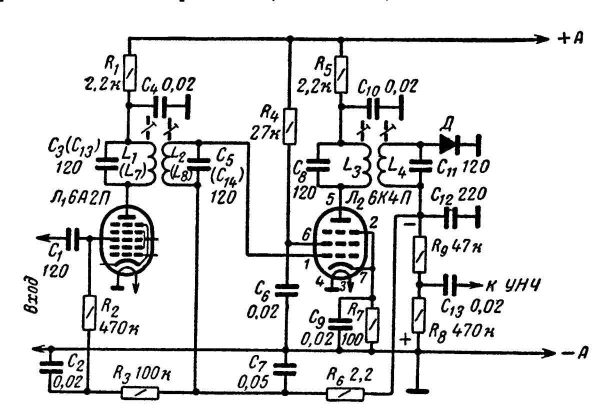


Рис. 287. Схема усилителя промежуточной частоты и цепей автоматической регулировки усиления. В скобках указаны номера деталей простейшего супергетеродина.

напряжения находится в прямой зависимости от силы сигнала принимаемой радиостанции: чем сильнее сигнал радиостанции, тем значительнее это напряжение.

Управляющие сетки ламп $Л_1$ и $Л_2$ через детали в их цепях соединены с концом цепочки резисторов R_9R_8, на котором минус относительно противоположного конца ее, соединенного с заземленным проводником. Значит, и на управляющих сетках ламп относительно их катодов действует изменяющееся отрицательное напряжение, смещающее их рабочие точки. При сильных сигналах радиостанции смещение возрастает, а усиление автоматически падает. При слабых же сигналах, наоборот, напряжение смещения уменьшается, а усиление автоматически возрастает.

Такая система управления усилением за счет тока детектора и называется **автоматической регулировкой усиления**.

Резисторы R_2, R_3 и R_6, через которые на управляющие сетки ламп подается напряжение АРУ, в сочетании с конденсаторами C_2

и C_7 образуют фильтры, не пропускающие к сеткам ламп низкочастотную составляющую продетектированного сигнала.

Конденсатор C_1, которого не было в схеме простейшего супергетеродина, нужен для того, чтобы постоянная составляющая сигнала АРУ не замыкалась на общий минус питания цепей приемника через контурные катушки.

Мы должны тебя предупредить: система АРУ не повышает общее усиление, которое дает приемник, а лишь автоматически поддерживает на некотором среднем уровне чувствительность приемника и, следовательно, громкость работы динамика.

Дополняя простейший супергетеродин каскадом усиления промежуточной частоты, лампа этого каскада (6К4П) должна занять место бывшего сеточного детектора (6Ж3П). Рядом укрепи трансформатор промежуточной частоты, а возле него смонтируй панельку лампы 6Ж3П и относящиеся к ней детали.

В простейшем супергетеродине резистор R_3 (см. схему на рис. 278) был включен между управляющей сеткой и катодом лампы 6Ж3П. Теперь, когда лампа 6Ж3П будет выполнять функции только предварительного усилителя низкой частоты, этот резистор надо будет включить между управляющей сеткой и заземленным проводником приемника, иначе лампа будет работать без постоянного отрицательного напряжения смещения, создаваемого ее катодным резистором. Детали цепи обратной связи L_8 и R_6 исключи, соединив резистор анодной нагрузки R_5 непосредственно с анодом лампы 6Ж3П.

Закончив переделку приемника, испытай сначала его низкочастотную часть, проигрывая грампластинку. Затем, подключив антенну и заземление и настроив приемник на радиостанцию в любом диапазоне, подстрой контуры нового трансформатора промежуточной частоты, добиваясь максимальной громкости. На это время проводник цепи АРУ, идущий к резистору R_9, временно переключи на заземленную панель шасси. Приемник будет работать без АРУ. Если по каким-то причинам усилитель промежуточной частоты работать не будет, неполадки ищи с помощью пробника и других приборов первой необходимости. А когда устранишь неполадки, восстанови систему АРУ.

Когда ты добавишь каскад усиления промежуточной частоты, диодный детектор и введешь АРУ, у тебя откроется возможность дополнить супергетеродин «магическим глазом» — электронно-световым индикатором настройки.

Схема включения электронно-светового индикатора настройки (лампа 6Е5С или 6Е1П) показана на рис. 288. Напряжение на светящийся экран лампы подается непосредственно с выпрямителя, а на анод через резистор R_2 сопротивлением 470 *ком* — 1,5 *Мом*. Управляющая сетка лампы через резистор R_1 сопротивлением 1—1,5 *Мом* соединяется с точкой детекторного каскада супергетеродина, куда подключаются цепи АРУ (на рис. 287 — верхний вывод

резистора R_9). Между управляющей сеткой и катодом лампы включается конденсатор емкостью 0,03—0,05 *мкф*, сглаживающий пульсации напряжения низкой частоты.

При точной настройке приемника на радиостанцию светящийся сектор экрана лампы будет сходиться до узкой полоски. Лампу вместе с панелькой и смонтированными на ней деталями укрепи на держателе с таким расчетом, чтобы ее светящийся экран был виден через отверстие в передней стенке ящика приемника. Она соединяется со схемой приемника изолированными проводниками, причем проводник управляющей сетки обязательно должен быть экранирован, а экран его заземлен.

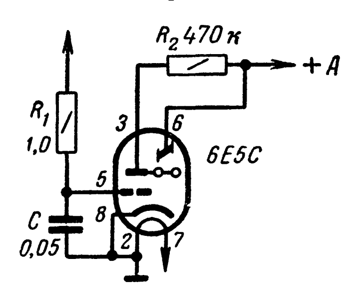


Рис. 288. Схема включения электронно-светового индикатора настройки.

Если ты строил батарейный приемник по формуле 1—V—1, а затем преобразовал его в простейший супергетеродин, тебя, вероятно волнует вопрос: как дополнить его каскадом промежуточной частоты? Принципиальная схема этой части приемника, включая диодный детектор и цепи АРУ, остается такой же, как для сетевого варианта. И все советы, которые мы здесь дали, в равной мере относятся и к батарейному супергетеродину. Разница только в лампе: для усилителя промежуточной частоты батарейного приемника надо использовать пентод 1К2П. Что же касается электронно-светового индикатора настройки, то его, к сожалению, ввести не удастся, так как таких приборов среди батарейных электронных ламп нет. Но в этом нет никакой беды — ведь индикатор настройки только создает удобства пользования приемником и совершенно не влияет на его работу.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Транзисторные супергетеродины, в том числе и промышленные, чаще всего рассчитываются на прием радиовещательных станций только двух диапазонов — средневолнового и длинноволнового. Коротковолновый диапазон, обязательный для многих ламповых супергетеродинов, у них часто отсутствует. Объясняется это тем, что введение коротковолнового диапазона связано со значительными усложнениями схем и конструкций транзисторных супергетеродинов, которые не всегда оправдываются при эксплуатации их. Радиолюбители же чаще всего собирают еще более простые супергетеродины — однодиапазонные с учетом местных условий радиоприема, но обязательно с одним или двумя каскадами усиления промежуточной частоты. Без усилителя промежуточной частоты транзисторный супергетеродин работает плохо.

Это наше краткое вступление может навести тебя на грустные размышления: есть ли смысл собирать транзисторный супергетеродин? Есть, конечно! Потому что избирательность супергетеродина лучше, чем у приемника прямого усиления, и чувствительность более равномерна по всему диапазону волн, перекрываемому приемником. В этом ты убедишься сам.

Принципиальная схема высокочастотной части и детектора супергетеродина, предлагаемого тебе, показана на рис. 289. Низкочастотная часть его, отсутствующая на схеме, ничем не отличается от усилителя низкой частоты приемника прямого усиления. Преобразователь этого приемника — однотранзисторный. Используемый в этом каскаде транзистор T_1 работает как смеситель и вспомога-

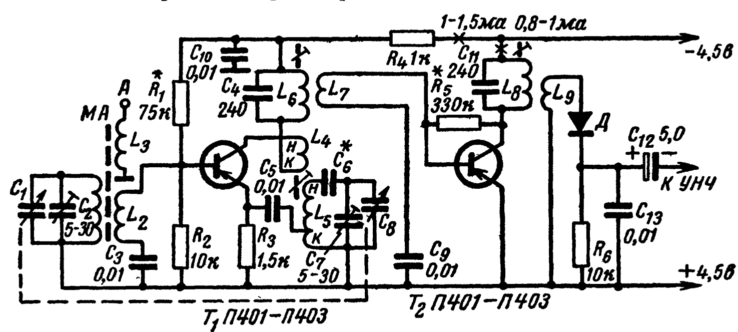


Рис. 289. Принципиальная схема высокочастотной части и детектора супергетеродина.

тельный гетеродин. С сущностью работы такого преобразователя мы познакомили тебя в начале этой беседы.

Магнитная антенна *МА*, катушка L_1, конденсатор переменной емкости C_1 и подстроечный конденсатор C_2 — входной контур приемника. Напряжение принятого сигнала с этого контура подается на базу транзистора T_1 через катушку связи L_2. Контур гетеродина образуют катушка L_5, конденсатор переменной емкости C_8, сопрягающий конденсатор C_6 и подстроечный конденсатор C_7. Колебания из этого контура, возникающие в нем благодаря катушке обратной связи L_4, подаются через разделительный конденсатор C_5 в эмиттерную цепь транзистора. Нагрузкой транзистора служит одноконтурный фильтр L_6C_4, настроенный на промежуточную частоту 465 *кгц*. Усилитель промежуточной частоты работает точно так же, как усилитель высокой частоты приемника прямого усиления, с той лишь разницей, что нагрузкой этого каскада служит контур L_8C_{11}, настроенный, как и контур L_6C_4, на промежуточную частоту. Входная цепь этого каскада посредством катушки L_7 связана индуктивно с нагрузкой преобразователя, а выходная — с детектором.

Начиная с катушки L_9, связывающей каскад усиления промежуточной частоты с детекторным каскадом, все идет, как в прием-

нике прямого усиления: выделенные детектором колебания низкой частоты с его нагрузочного резистора R_6, зашунтированного конденсатором C_{13}, через электролитический конденсатор C_{12} подаются на вход двух-трехкаскадного усилителя низкой частоты.

Чтобы лучше стабилизировать работу преобразовательного транзистора, смещение на его базу подается с делителя напряжения R_1R_2. Наивыгоднейший режим работы транзистора устанавливается подбором сопротивления резистора R_1. Резистор R_4 и конденсатор C_{10} — развязывающий фильтр.

Для повышения чувствительности приемника предусмотрена возможность подключения к нему комнатной антенны, штыря или куска проволоки длиной около 1,5 *м*. В этом случае связь внешней антенны с входным контуром преобразователя индуктивная через катушку L_3.

Детали. Данные большинства деталей высокочастотной части супергетеродина указаны на ее принципиальной схеме (рис. 289). Не указаны лишь емкости конденсаторов C_1 и C_8 настройки контуров и сопрягающего конденсатора C_6. Объясняется это тем, что мы не знаем, каким блоком конденсаторов переменной емкости ты располагаешь, на какой диапазон волн намерен рассчитывать приемник и какой сердечник будешь использовать для гетеродинной катушки L_5. Эти данные взаимосвязаны и определяют емкость сопрягающего конденсатора.

В приемнике можно использовать любой блок конденсаторов, в том числе обычный блок с наибольшей емкостью до 500 *пф*. Желательно, однако, чтобы он был малогабаритным, таким, как в промышленных транзисторных супергетеродинах.

Но и в промышленных приемниках стоят разные по конструкции и емкости блоки конденсаторов. В приемниках «Спутник» и «Сюрприз», например, используются блоки конденсаторов с наибольшей емкостью до 170 *пф*, в «Неве» — 180 *пф*, в «Атмосфере» — 250 *пф*, в «Спидоле» —475 *пф*, а в «Восходе» — 495 *пф*.

Высокочастотные сердечники, которые можно использовать для гетеродинной катушки L_5, тоже могут быть разными. Можно, например, использовать броневой (горшкообразный) карбонильный сердечник марки СБ-1а, в который помещается катушка (рис. 290, *а*), или кусочек ферритового стержня, находящийся внутри самодельного каркаса катушки (рис. 290, *в*). Различные сердечники — разные числа витков катушки.

Ориентировочные данные катушек L_1 и L_5 с учетом использования в приемнике разных блоков конденсаторов и сердечников для гетеродинной катушки L_5 приведены в таблице, помещенной на следующей странице. В ней указаны емкости сопрягающего конденсатора C_6, соответствующие этим данным.

Магнитная антенна — ферритовый стержень марки Ф-600 диаметром 8 и длиной 100—120 *мм*. Контурную катушку L_1 намотай непосредственно на стержень в средней части его, а катушку связи

L_2 и катушку L_3 внешней антенны — на бумажных гильзочках, которые должны перемещаться вдоль стержня (рис. 290, *а*). Все катушки наматывай проводом ПЭЛ или ПЭЛШО 0,1—0,12.

Если приемник рассчитывается на средневолновый диапазон, катушку L_1 наматывай в один слой, виток к витку. Если же он будет длинноволновым, эту катушку следует наматывать секциями «внавал» или способом «Универсаль».

Катушка связи L_2 должна иметь 8—12 витков. Окончательное число витков этой катушки подбирается при налаживании приемника.

Число витков катушки L_3 должно быть примерно в 1,5 раза больше числа витков катушки L_1. Намотка «внавал» или «Универсаль».

	Катушка L_1						Катушка L_5					
	Средние волны			Длинные волны			Средние волны			Длинные волны		
	Емкость конденсатора C_1, *пф*						Емкость конденсатора C_8, *пф*					
	150	250	500	150	250	500	150	250	500	150	250	500
Ферритовый стержень Ф-600 диаметром 8 и длиной 100—120 *мм*	100	75	50	5 × 60	5 × 50	4 × 40	—	—	—	—	—	—
СБ-1а	—	—	—	—	—	—	120	105	75	175	145	110
Ферритовый стержень Ф-600 диаметром 8 и длиной 13—15 *мм*	—	—	—	—	—	—	80	60	40	230	180	120
Емкость сопрягающего конденсатора C_6, *пф*	—	—	—	—	—	—	130	240	470	75	91	180

Для гетеродинных катушек желательно использовать броневой карбонильный сердечник СБ-1а, показанный на рис. 290, *б*. На секционированный полистироловый каркас, предназначенный для этого сердечника, сначала намотай проводом ПЭЛ 0,1—0,12 контурную катушку L_5, распределив витки в ее секциях поровну. Отвод, идущий к эмиттеру транзистора, сделай от 4-го витка (для средних волн) или от 6-го витка (для длинных волн), считая от заземленного конца. Затем поверх витков средней секции намотай тем же проводом катушку обратной связи L_4. Всего она должна содержать около 20 витков. Каркас с катушками помести внутрь сердечника, предварительно надев на их выводы короткие отрезки хлорвиниловой трубки, чтобы не попортить изоляцию провода. Горшкообразные половинки сердечника склей лаком или клеем БФ-2.

Если не удастся приобрести карбонильный сердечник СБ-1а используй для гетеродинной катушки самодельный секционированный каркас и кусочек стержня ферритовой антенны диаметром 8 мм (рис. 290, *в*). Высота гильзы каркаса 18—20 *мм*, длина сердечника 13—15 *мм*. Каркас склей из плотной бумаги с таким расчетом, чтобы сердечник с трением входил внутрь его гильзочки и удерживался в ней. Сначала намотай на каркас «внавал» катушку гетеродина затем катушку обратной связи. Отвод в гетеродинной катушке сделай от 5—7-го витка. Число витков катушки обратной связи 15 провод ПЭЛ 0,1—0,12.

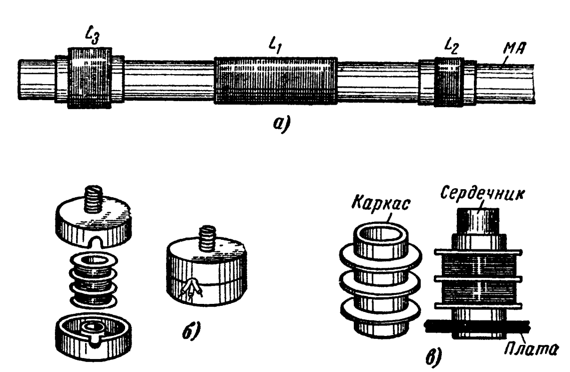


Рис. 290. Магнитная антенна и катушки супергетеродина.

Устройство катушек фильтров промежуточной частоты L_6 и L_8 и катушек связи L_7 и L_9 аналогично устройству гетеродинных катушек. Для них, как и для гетеродинных катушек, можешь использовать карбонильные сердечники СБ-1а (рис. 290, *а*) или ферритовые сердечники диаметром 8 и длиной 13—15 *мм* (рис. 290, *в*). В первом случае катушки L_6 и L_8 должны содержать по 150—160 витков, во втором — по 95—100 витков провода ПЭЛ 0,1. Катушки связи L_7 и L_9 наматывай поверх катушек фильтров тем же проводом, но диаметром 0,12—0,15 *мм*. В первом случае катушка L_7 должна иметь 30 витков, а L_9 60 витков, а во втором случае — соответственно 20 и 40 витков.

Для преобразовательного каскада используй транзистор с коэффициентом усиления по току $\beta = 40 - 60$, а для каскада усиления промежуточной частоты — с коэффициентом усиления 60—100. Подстроечные конденсаторы могут быть любыми.

Налаживание и монтаж. Полагаем, что преобразователь, усилитель промежуточной частоты и детектор, добавив к ним один-два каскада усиления низкой частоты, ты сначала соберешь и наладишь на экспериментальной панели.

Методика и техника налаживания транзисторного и лампового супергетеродинов очень схожи. Включив питание, проверь, есть

ли напряжение на электродах транзисторов. При напряжении батареи 4,5 *в* на коллекторе транзистора T_1 должно быть примерно 2,5—3 *в*, а на его базе и эмиттере — меньше 1 *в*. На коллекторе транзистора T_2 может быть 3—3,5 *в*, а на его базе — около 0,5 *в*. Эта предварительная, грубая проверка даст возможность только судить о том, нет ли ошибок в монтаже, плохих контактов или неисправных деталей в цепях приемника.

Затем попытайся настроить приемник на какую-либо радиостанцию. При этом подстроечные сердечники катушек фильтров промежуточной частоты, гетеродинной катушки и подстроечные конденсаторы C_2 и C_7 входного и гетеродинного контуров установи в среднем положении. Если попытка не удастся, значит не генерирует гетеродин или нет сопряжения контуров преобразователя.

Прежде всего проверь, работает ли гетеродин. Подключи параллельно эмиттерному резистору R_3 вольтметр и замкни накоротко катушку L_5. При исправной работе гетеродина во время закорачивания катушки напряжение на эмиттере должно немного уменьшиться. Если изменения напряжения не будет, значит гетеродин не генерирует. В этом случае надо поменять местами выводы катушки обратной связи L_4 или немного увеличить напряжение на базе транзистора, уменьшив сопротивление резистора R_1.

При исправной работе гетеродина тебе удастся настроиться на какую-либо радиостанцию. Если радиоприем будет сопровождаться свистом, искажающим передачу, отодвинь подальше антенную катушку L_3 и катушку связи L_2 от контурной катушки L_1. Теперь, изменяя положение подстроечных сердечников катушек фильтров промежуточной частоты (сначала катушки L_8, а затем катушки L_6), добейся наибольшей громкости радиоприема. После этого подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_5 установи наивыгоднейшие напряжения смещения на базах транзисторов T_1 и T_2. При этом ток первого транзистора не должен превышать 1,5 *ма*, а второго 1 *ма*. Этим ты повысишь качество работы приемника.

Теперь переходи к самому кропотливому делу — сопряжению входного и гетеродинного контуров.

Внешнюю антенну отключи, а приемник настрой на радиостанцию, близкую по частоте к частоте конца диапазона твоего супергетеродина (емкость блока конденсаторов C_1 и C_8 наибольшая). Изменяя индуктивность гетеродинной катушки подстроечным сердечником, добивайся наибольшей громкости приема сигналов этой радиостанции. Затем настрой приемник на радиостанцию, работающую на частоте, близкой к частоте начала диапазона (емкость блока конденсаторов наименьшая). Теперь, не трогая сердечника гетеродинной катушки, сопрягай контуры подстроечными конденсаторами C_2 и C_7. При этом ты можешь увеличивать емкость первого конденсатора и уменьшать емкость второго или, наоборот, уменьшать емкость первого и увеличивать емкость второго. Цель одна — добиться наибольшей громкости.

На этом налаживание супергетеродина еще не заканчивается. Надо еще раз подстроить контуры в конце и начале диапазона, затем еще раз подстроить фильтры промежуточной частоты и снова вернуться к контурам. Может быть даже не 1, а 2—3 раза, пока никакие подстроечные детали уже не будут улучшать работу приемника.

Не исключено, что приемник станет самовозбуждаться. Причиной самовозбуждения может быть неудачное размещение контура гетеродина и фильтров промежуточной частоты относительно магнитной антенны и по отношению друг к другу. Ищи лучшее размещение этих элементов схемы. Если не помогает, то попробуй менять местами выводы катушек связи L_7 и L_9, укорачивать или разносить проводники цепей баз и коллекторов транзисторов.

А если возникнет генерация из-за связи каскадов через цепи питания, то включи в цепь коллектора транзистора усилителя промежуточной частоты точно такой же развязывающий фильтр, как в цепи коллектора транзистора преобразователя.

Когда устранишь все неполадки и наладишь приемник, начнется завершающий этап твоего творчества — сборка деталей на монтажной плате и монтаж приемника в футляре. Здесь все зависит от твоей смекалки, инициативы и твоих возможностей. Можно, например, настольный приемник прямого усиления преобразовать в супергетеродин. При этом придется перемонтировать только его высокочастотную часть. А низкочастотная часть и детекторный каскад останутся без изменений.

Если решишь делать новый приемник, то, учитывая габариты и особенности деталей, продумай хорошенько его монтажную схему и конструкцию футляра и только тогда принимайся за дело. Опыт у тебя есть, так что сам решай все эти практические вопросы.

* * *

Супергетеродин, будь то ламповый или транзисторный — безразлично, относится к приемникам повышенной сложности.

Однако супергетеродин будет чувствительным и избирательным только в том случае, когда хорошо сопряжены входной и гетеродинный контуры по всему диапазону и тщательно настроены фильтры промежуточной частоты. А это не всегда удается сделать в домашних условиях, когда нет генератора стандарт-сигналов (ГСС), создающего сигналы, аналогичные сигналам радиостанций, без чувствительных и точных измерительных приборов. Эти приборы есть в радиоклубах, радиолабораториях и кружках станций и клубов юных техников, домов и дворцов пионеров. И если ты обратишься туда за помощью, тебе ее окажут.

○

ПУТЬ В ЭФИР

До сих пор у нас шел разговор главным образом о радиовещании. Тебя как радиолюбителя увлекала в основном лишь техника приема программ радиовещательных станций.

Но эфир, подобный бескрайнему океану, окутывающему нашу планету, пронизывают радиоволны множества других станций самого различного назначения. В диапазоне средних волн, например, работают радиостанции морской службы. Некоторые участки КВ диапазона отведены для радиотелефонных разговоров между жителями отдаленных городов, разных стран и континентов. На УКВ осуществляется связь между группами альпинистов, в экспедициях, походах. УКВ используются для изучения верхних слоев атмосферы, в радионавигации, для вождения по курсу самолетов и кораблей. На УКВ работают передатчики и приемники пожарных команд, автомашин скорой помощи и многие другие радиостанции специального назначения.

Есть в диапазоне УКВ участки, где идут оживленные разговоры между радиолюбителями разных городов и стран. Бывают дни, когда на этих участках волн в эфире идет дружеская борьба между радиолюбителями за право получить звание мастера этого вида радиоспорта. Соревнуются и малые, и старые. Выигрывает тот, у кого крепче знания радиотехники, кто лучше владеет техникой радиопередачи и радиоприема.

Бывают дни, когда радиолюбители соревнуются в «охоте на лис». Вооружившись радоприемниками, они по прерывистым сигналам передатчиков, укрытых в овраге, кустах или на опушке леса, отыскивают этих «лис». Побеждает тот, чей приемник-ружье лучше других, кто увереннее им владеет.

Путь к этим увлекательным видам спорта лежит обычно через освоение техники связи на УКВ. Он открыт и для тебя.

ДВУСТОРОННЯЯ СВЯЗЬ

Для двусторонней любительской радиосвязи, сущность которой мы иллюстрируем блок-схемой, показанной на рис. 291, надо иметь передатчик и приемник, работающие на одной и той же частоте. Слева на этом рисунке — аппаратура одного радиолюбителя, до-

пустим твоя, справа — корреспондента, т. е. другого радиолюбителя, например твоего товарища по эфиру.

Антенна — общая для передатчика и приемника. На схемах такую антенну символизируют дополнительными стрелками, направленными вверх — в эфир и вниз — к приемнику. На время передачи она подключается на выход передатчика, а на время приема — на вход приемника.

Генератор передатчика генерирует незатухающие колебания высокой частоты, которые после усиления поступают в антенну, возбуждая радиоволны. Одновременно на усилитель мощности высокой частоты, являющийся выходным каскадом передатчика, поступают колебания низкой частоты и воздействуют на амплитуды высокочастотных колебаний — происходит амплитудная модуляция.

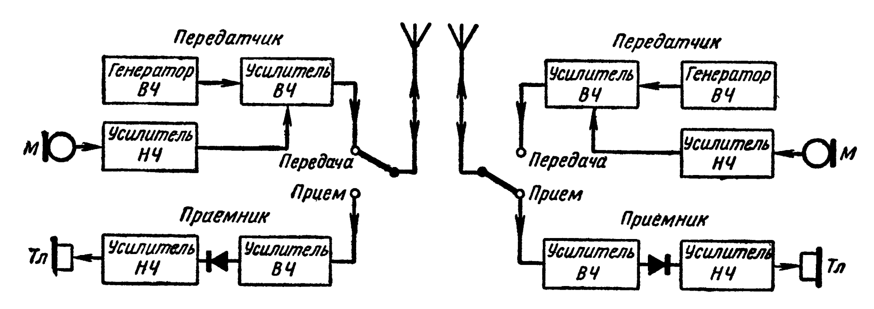


Рис. 291. Блок-схема аппаратуры для двусторонней радиосвязи.

Достигая приемной антенны корреспондента, радиоволны возбуждают в ней модулированные колебания высокой частоты, которые усиливаются, детектируются, а выделенные детектором низкочастотные сигналы после усиления преобразуются телефоном в звук.

Таким образом, когда ты работаешь на своей передающей станции, тебя слышит товарищ по эфиру. Передав ему сообщение, ты выключаешь свой передатчик и включаешь приемник — переходишь на прием. Твой корреспондент в это время выключает свой приемник и включает передатчик. Теперь он передает сообщение, адресованное тебе. Потом ты снова переходишь на передачу, а он — на прием. Так между вами устанавливается двусторонняя радиосвязь.

Самое привлекательное в этом деле — возможность вести переговоры со многими укавистами, иметь постоянную связь между школами, пионерскими лагерями и даже обмениваться концертами грамзаписи. Для этого вовсе не нужна сложная аппаратура. Радиолюбители-укависты пользуются простыми самодельными передатчиками и приемниками.

Велика ли «дальнобойность» любительских УКВ передатчиков и приемников? При мощности передатчика в несколько ватт уверен-

ную связь можно держать на расстояниях до 30—50 *км*, а иногда, при особых условиях в атмосфере, до нескольких тысяч километров. Любительская связь на УКВ — спорт, а в спорте бывают самые неожиданные результаты.

Для любительской радиосвязи на УКВ отведено несколько участков: 28—29,7; 144—146; 420—425 *Мгц* и некоторые другие. На любом из них можно вести двусторонние связи.

Передатчики начинающих укавистов обычно работают на частотах 28—29,7 *Мгц*, соответствующих волнам длиной от 10,7 до 10,1 *м*. Этот участок называют 10-метровым любительским диапазоном. На эти же частоты рассчитываются и их приемники. А накопив опыт работы в этом диапазоне, они переходят на освоение более высоких частот. Аппаратура, предназначенная для связи на таких частотах, сложнее.

Но прежде чем приступить к постройке передатчика, надо через местный радиоклуб ДОСААФ получить в Областном управлении Министерства связи разрешение на постройку, а затем и эксплуатацию любительской радиостанции и ее позывной.

Строить и пользоваться передатчиком без официального разрешения категорически запрещается.

Ты, вероятно, знаешь или слышал, что радиостанции бывают коллективного и индивидуального пользования. Коллективные радиостанции строят и на них работают на станциях юных техников, во дворцах и домах пионеров, радиоклубах ДОСААФ, школах. Начальником коллективной УКВ радиостанции, на кого оформляется разрешение, а также владельцем индивидуального пользования может быть каждый гражданин Советского Союза, достигший 16-летнего возраста. Если тебе исполнилось 16 лет, ты тоже можешь стать начальником УКВ радиостанции вашей школы и иметь дома радиостанцию. До 16-летнего возраста разрешается работать только на коллективной радиостанции.

О том, как оформить разрешение и получить позывной радиостанции, мы расскажем в конце беседы. Сейчас же поговорим об УКВ радиостанции, которая может быть как коллективной — школьной, так и индивидуальной.

РАДИОСТАНЦИЯ НАЧИНАЮЩИХ УКАВИСТОВ

Сравнительно простую любительскую радиостанцию, предназначенную для ведения двусторонних связей в диапазоне частот 28—29,7 *Мгц*, разработал для начинающих укавистов мастер радиоспорта В. Л. Ломанович. С его разрешения мы рассказываем о ней тебе.

Принципиальная схема радиостанции показана на рис. 292. Верхняя часть схемы — передатчик, нижняя — приемник. В передатчике работают лампы $Л_1$, $Л_2$ и $Л_3$, в приемнике $Л_7$ и $Л_8$. Осталь-

ные лампы — вспомогательные. Питается радиостанция от отдельного двухполупериодного выпрямителя, дающего постоянное напряжение около 280 *в*.

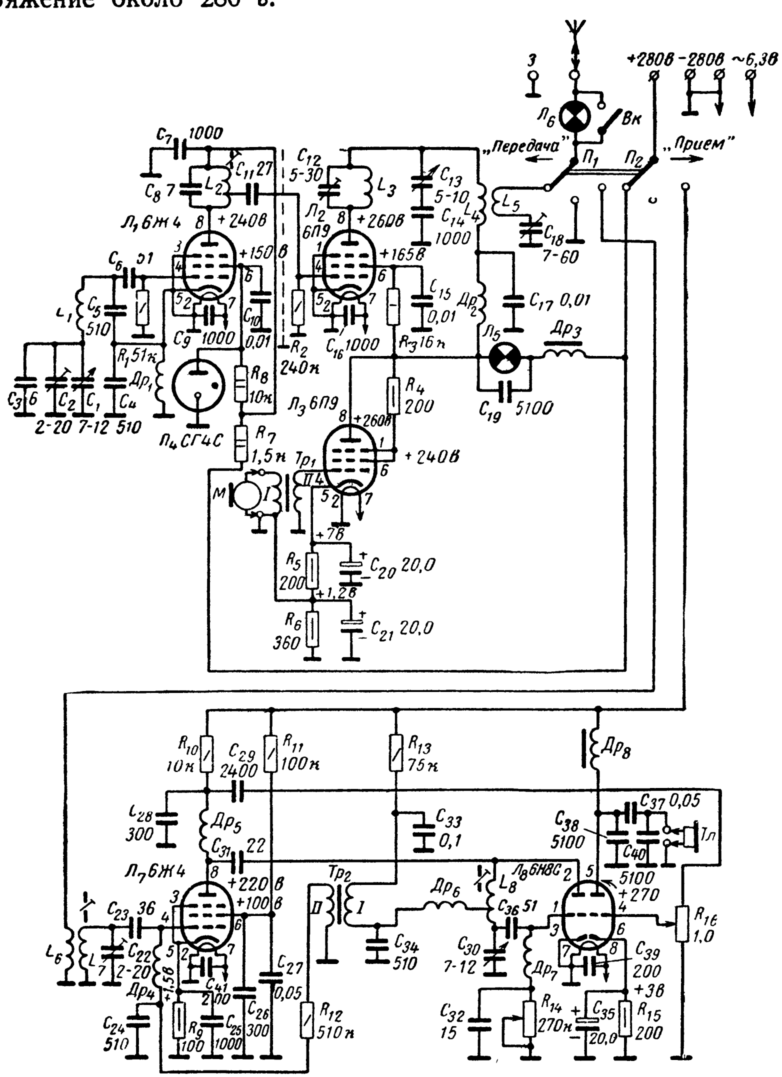


Рис. 292. Принципиальная схема радиостанции на диапазон 28,0—29,7 *Мгц*.

Переход с передачи на прием осуществляется переключателями $П_1$ и $П_2$, действующими одновременно. Первый из них переключает антенну, второй — высокое напряжение выпрямителя. В положении «*Передача*» антенна подключается к выходу передатчика. В это

время напряжение выпрямителя подается только на лампы передатчика. В положении *«Прием»* антенна и выпрямитель отключены от передатчика и подключены к приемнику. В среднем положении переключателей антенна заземлена, а выпрямитель не подключен ни к передатчику, ни к приемнику. Таким образом, чтобы перейти с передачи на прием или, наоборот, с приема на передачу, надо лишь повернуть ручку переключателя.

Передатчик. В первом каскаде передатчика работает пентод 6Ж4 ($Л_1$), выполняющий роль генератора и предварительного усилителя высокой частоты. Задающий контур генератора образуют катушка L_1 и конденсаторы C_1, C_2, C_3, C_4 и C_5. Настройка этого контура производится конденсатором переменной емкости C_1. Роль анода генератора выполняет экранирующая сетка, которая через конденсатор C_{10} и заземленный проводник соединена с контуром. Между этим электродом и управляющей сеткой лампы создается емкостная положительная обратная связь, благодаря чему схема самовозбуждается — в контуре возникают колебания высокой частоты. Резистор R_1 и конденсатор C_6 цепи управляющей сетки и высокочастотный дроссель $Др_1$, включенный в цепь катода лампы, обеспечивают необходимый режим работы генератора.

Параллельно конденсатору настройки задающего контура подключены подстроечный конденсатор C_2, с помощью которого устанавливаются границы частот, и конденсатор C_3, именуемый в данном случае к о м п е н с а ц и о н н ы м.

Назначение компенсационного конденсатора заключается в следующем. Во время работы генератора все его детали нагреваются. При этом емкости конденсаторов, в том числе входящих в контур, несколько изменяются, отчего частота электрических колебаний в контуре может «плавать» — уменьшаться с повышением температуры или увеличиваться со снижением ее. Емкость бо́льшей части конденсаторов, в том числе керамических, рекомендуемых для высокочастотных цепей, увеличивается с повышением температуры. В то же время среди керамических конденсаторов есть такие, емкость которых, наоборот, уменьшается с повышением температуры. Это конденсаторы с о т р и ц а т е л ь н ы м т е м п е р а т у р н ы м к о э ф ф и ц и е н т о м емкости, или, сокращенно, с отрицательным ТКЕ. К ним относятся, например, конденсаторы КТК-1, КТН-1, КДК-1, корпуса которых окрашены в красный или оранжевый цвет. Так вот компенсационный конденсатор C_3, являющийся элементом задающего контура, должен быть с отрицательным ТКЕ, чтобы, компенсируя увеличение емкостей других конденсаторов, входящих в контур, он стабилизировал частоту генератора.

Устойчивость частоты электрических колебаний в контуре зависит и от постоянства напряжения на экранирующей сетке лампы $Л_1$, выполняющей роль анода генератора. Стабилизация напряжения на этом электроде лампы достигается с помощью газового стабилитрона СГ4С ($Л_4$).

Запомни: тщательная стабилизация частоты генераторов передатчиков — обязательное условие, которое должны выполнять все радиоспортсмены.

Индуктивность катушки и емкости конденсаторов контура генератора подобраны таким образом, что при повороте ручки конденсатора настройки C_1 на половину оборота частота колебаний в контуре плавно изменяется от 14,0 до 14,85 *Мгц*. Эти частоты в 2 раза меньше частот любительского диапазона. В анодную же цепь лампы $Л_1$ гетеродина включен контур L_2C_8, настроенный на среднюю частоту этого диапазона: 28,85 *Мгц*. При таких условиях частота генератора удваивается: во время настройки сеточного контура конденсатором C_1 частота колебаний в анодном контуре плавно изменяется от 28,0 до 29,7 *Мгц*, что соответствует любительскому участку 10-метрового диапазона.

Удвоение частоты является одновременно средством стабилизации частоты генератора.

Во втором каскаде передатчика (усилитель мощности высокочастотных колебаний) работает пентод 6П9 ($Л_2$). Колебания высокой частоты на управляющую сетку лампы подаются с контура L_2C_8 через разделительный конденсатор C_{11}. Необходимое смещение на этой сетке получается за счет ее тока, протекающего через резистор R_2. Высокое положительное напряжение на анод этой лампы подается через цепочку, состоящую из низкочастотного дросселя $Др_3$, лампочки $Л_5$, высокочастотного дросселя $Др_2$ и катушек L_4 и L_3, а на экранирующую сетку — через тот же низкочастотный дроссель $Др_3$, лампочку $Л_5$ и резистор R_3. Катушка L_4 и последовательно соединенные конденсаторы C_{13} и C_{14} образуют основной контур анодной цепи усилителя, в котором возникают мощные колебания высокой частоты. Через катушку L_5, связанную индуктивно с катушкой L_4, эти колебания поступают в антенну передатчика.

Настройка анодного контура $L_4C_{13}C_{14}$ усилителя в резонанс с контуром L_2C_8 генератора осуществляется переменным конденсатором C_{13}. Конденсатор C_{14}, включенный в этот контур, никакого влияния на частоту контура не оказывает, а лишь защищает источник высокого напряжения от короткого замыкания на случай пробоя или случайного замыкания обкладок конденсатора C_{13}. С помощью подстроечного конденсатора C_{18}, включенного последовательно с катушкой L_5, настраивается цепь антенны. Лампа $Л_6$, через которую идет ток антенны, является индикатором настройки. После настройки этой цепи она закорачивается тумблером *Вк*. Дроссель $Др_2$ и конденсатор C_{17} образуют ячейку, подобную ячейке R_7C_7, защищающую цепи питания от проникновения в них высокочастотных колебаний.

В анодную цепь усилителя мощности включен еще контур L_3C_{12}, выполняющий роль фильтра для подавления помех телевидению. Дело в том, что высокочастотные колебания, генерируемые передатчиком, содержат так называемые г а р м о н и к и — тоже высокочастотные колебания, частота которых в целое число раз больше

частоты основных колебаний. Среди них есть колебания, близкие по частоте к колебаниям телевизионных передатчиков. На частоту этих колебаний и настраивается контур L_3C_{12}. Не пропуская их в антенну, он, таким образом, ослабляет помехи, создаваемые передатчиком приему телевизионных программ.

В районах, расположенных вне зоны телевидения, этого фильтра в передатчике может не быть.

Второй пентод 6П9 ($Л_3$) передатчика работает как усилитель низкой частоты — модулятор. Отрицательное напряжение смещения на управляющую сетку подается с цепочки резисторов R_5R_6, включенных в цепь катода этой лампы, через вторичную обмотку микрофонного трансформатора $Тр_1$. Резисторы автоматического смещения зашунтированы электролитическими конденсаторами C_{20} и C_{21}. Напряжение, создающееся на резисторе R_6, немногим более 1 *в*, подается, кроме того, в цепь первичной обмотки трансформатора $Тр_1$ для питания угольного микрофона *М*. Колебания низкой частоты, созданные микрофоном, со вторичной обмотки трансформатора подаются к лампе $Л_3$ и усиливаются ею. При этом высокочастотные колебания передатчика модулируются колебаниями низкой частоты.

Как присходит модуляция? Дроссель $Др_3$, именуемый модуляционным, является как бы общей нагрузкой анодно-экранных цепей ламп $Л_2$ и $Л_3$. Анодный ток лампы $Л_3$ создает на этом дросселе переменное падение напряжения, величина которого все время изменяется со звуковыми колебаниями. От этого, опять-таки со звуковыми колебаниями, изменяются напряжение на аноде и анодный ток лампы $Л_2$, что приводит к изменению амплитуды колебаний высокой частоты передатчика — происходит модуляция. Такой способ модуляции, когда анодный ток микрофонного усилителя управляет амплитудами высокочастотных колебаний в анодной цепи выходного каскада передатчика, называют а н о д н о й модуляцией.

Лампочка накаливания, включенная в анодно-экранные цепи ламп $Л_2$ и $Л_3$ передатчика, выполняет роль индикатора настройки контура $L_4C_{13}C_{14}$ в резонанс с высокочастотными колебаниями, поступающими на управляющую сетку лампы $Л_2$ от генератора. В момент резонанса анодный ток лампы $Л_2$ минимальный — нить лампочки $Л_5$ накаливается слабо. Во время работы передатчика с помощью этой лампочки (по ее свечению) контролируется работа модулятора.

Во избежание перегорания нити накала лампочки $Л_5$ от наводки токов высокой частоты она заблокирована конденсатором C_{19}. Такую же роль выполняют и конденсаторы C_9 и C_{16}, подключенные параллельно нитям накала ламп $Л_1$ и $Л_2$.

Приемник УКВ радиостанции двухламповый четырехкаскадный. Первая его лампа пентод 6Ж4 ($Л_7$) работает по рефлексной схеме как усилитель колебаний высокой частоты и предварительный усилитель колебаний низкой частоты. Левый (по схеме) триод лампы

$Л_8$ типа 6Н8С используется в сверхрегенеративном детекторном каскаде, а правый триод этой лампы — в выходном каскаде приемника. Благодаря сверхгенератору и рефлексной схеме приемник обладает высокой чувствительностью.

Высокочастотный сигнал корреспондента, возбужденный в антенне, через контакты переключателя $П_1$, находящегося в положении «*Прием*», поступает на катушку $Л_6$, индуктивно связанную с катушкой L_7 входного колебательного контура приемника. Этот контур конденсатором C_{22} настраивается на частоту 28,85 *Мгц* — среднюю частоту любительского диапазона.

Дроссель $Др_5$ — высокочастотная нагрузка анодной цепи лампы $Л_7$. Выделенный дросселем сигнал высокой частоты через конденсатор C_{31} подается на катушку L_8 колебательного контура сверхрегенератора и детектируется левым (по схеме) триодом лампы 6Н8С ($Л_8$). Положительное высокое напряжение на анод этого триода подается через резистор R_{13}, образующий с конденсатором C_{33} развязывающий фильтр, первичную обмотку трансформатора $Тр_2$, высокочастотный дроссель $Др_6$ и бо́льшую часть витков контурной катушки L_8. Плавная настройка контура сверхрегенератора по всему любительскому диапазону от 28,0 до 29,7 *Мгц* осуществляется конденсатором переменной емкости C_{30}. Переменным резистором R_{14}, включенным через высокочастотный дроссель $Др_7$ в цепь управляющей сетки триода, устанавливается наивыгоднейший режим работы каскада.

Чем отличается сверхрегенератор от обычного регенератора — сеточного детектора с обратной связью? Регенератор, как ты помнишь, работает в режиме, близком к порогу генерации. Достаточно немного увеличить обратную связь, и он самовозбуждается, становится генератором. Сверхгенератор же работает на самом пороге генерации. Но собственные колебания в контуре сверхрегенератора имеют не постоянный, как в регенераторе, а прерывистый характер — они возникают «вспышками». Частота «вспышек» зависит от емкости сеточного конденсатора и сопротивления цепи сетки лампы сверхрегенератора. В нашем приемнике частота этих «вспышек» регулируется переменным резистором R_{14}. В остальном сверхрегенератор работает, как обычный регенератор: лампа детектирует поступающие на ее сетку модулированные колебания высокой частоты и усиливает колебания низкой частоты.

Благодаря прерывистой генерации сверхрегенератор обладает исключительно высокой чувствительностью, с которой не могут соперничать даже многие супергетеродины, не говоря уже о приемниках прямого усиления.

Характерная особенность в работе сверхрегенератора — шум в телефоне или громкоговорителе, напоминающий шипение примуса. Но он слышен только тогда, когда нет приема. Когда же в контуре появляются модулированные колебания принятого сигнала, этот шум пропадает.

В нашем приемнике колебания низкой частоты, выделенные и усиленные сверхрегенеративным детектором, создают во вторичной обмотке междулампового трансформатора $Тр_2$ точно такие же колебания, которые через резистор R_{12} и высокочастотный дроссель $Др_4$ подаются на управляющую сетку лампы $Л_7$. Усиленные этой

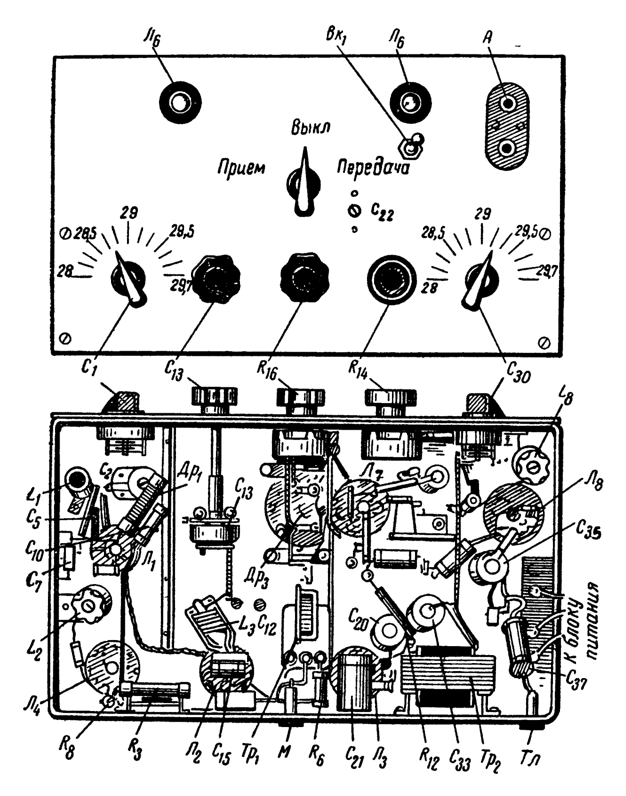


Рис. 293. Радиостанция на диапазон 28,0—29,7 *Мгц.*

лампой, они с ее низкочастотной анодной нагрузки R_{10} через разделительный конденсатор C_{29} попадают на переменный резистор R_{16}, выполняющий роль регулятора громкости, а с него — на управляющую сетку правого (по схеме) триода лампы 6Н8С ($Л_8$). Нагрузкой анодной цепи этого триода служит низкочастотный дроссель $Др_8$. Выделенные им колебания низкой частоты, пройдя разделительный конденсатор C_{37}, преобразуются телефоном в звук.

Коротко о назначении других деталей приемника. Конденсаторы C_{40} и C_{38} — блокировочные, защищающие выходной каскад от проникновения в него высокочастотных колебаний из сверхрегенератора. Конденсатор C_{28} шунтирует анодную цепь лампы $Л_7$ по высо-

кой частоте. Дроссель $Др_4$ и конденсатор C_{24} препятствуют попаданию высокочастотной составляющей на управляющую сетку лампы $Л_7$. Резисторы R_9 и R_{15} и шунтирующие их конденсаторы C_{25} и C_{37} — элементы автоматического смещения соответствующих им ламп. Резистор R_{11} и конденсаторы C_{26} и C_{27} — детали цепи экранирующей сетки лампы $Л_7$: конденсатор C_{26} пропускает колебания высокой частоты, а конденсатор C_{27} — колебания звуковой частоты, возникающие в этой цепи. Конденсаторы C_{39} и C_{41}, подключенные параллельно выводам нитей накала обеих ламп приемника, выполняют ту же роль, что и конденсаторы C_9 и C_{16} в передатчике.

Конструкция и детали радиостанции. Передатчик и приемник радиостанции, представляющие собой единую конструкцию (рис. 293) монтируются на угловом шасси размером 240×150×140 *мм* с подвалом глубиной 60 *мм*. Для изготовления шасси потребуется листовой дюралюминий толщиной 1,5—2 *мм* или листовое железо толщиной 1 *мм*. Шасси можно также сделать из фанеры и дощечек. В этом случае его переднюю и горизонтальную панели придется оклеить фольгой или обить жестью, которые должны заземляться. Но все же предпочтение надо отдать шасси из металла.

На переднюю панель шасси выведены гнезда для антенны и заземления, ручки конденсаторов настройки передатчика и приемника, переключателя рода работы, переменного резистора сверхрегенератора R_{14}, регулятора громкости R_{16}. Рядом с переключателем рода работы укреплен подстроечный конденсатор C_{22} (на рис. 293 виден шлиц ротора) входного контура приемника. В случае необходимости перестроить этот контур на частоты, близкие к боковым частотам любительского диапазона, это делается поворотом ротора конденсатора с помощью отвертки. В верхней части панели находятся лампочки накаливания $Л_5$ и $Л_6$ — индикаторы настройки выходного контура и антенного устройства.

Позади вертикальной и на горизонтальной панелях шасси, возможно ближе к переключателю, размещаются катушки L_4 и L_5, дроссель высокой частоты $Др_2$, конденсаторы C_{17} и C_{18} выхода передатчика, а также конденсатор C_{23}, катушки L_6 и L_7 входной части приемника. Конденсатор C_{19}, шунтирующий индикаторную лампочку $Л_5$, припаивается непосредственно к выводам ее патрончика.

Остальные детали передатчика и приемника находятся в подвале шасси, а гнезда для микрофона и телефона — на его задней стенке. Чтобы устранить взаимосвязь между цепями радиостанции, задающий генератор со всеми относящимися к нему элементами в подвале шасси отделен дополнительным экраном — металлической пластинкой размером 110×60 *мм* (на рис. 292 он отмечен пунктирной линией).

Пусть тебя не смущает, что многие детали и соединения не показаны на рис. 293. Монтировать радиостанцию надо не по рисунку, а по ее принципиальной схеме, группируя детали покаскадно.

Разметка основных отверстий на вертикальной и горизонтальной панелях шасси приведена на рис. 294. Диаметры некоторых отверстий, например для патрончиков индикаторных лампочек, под крепежные винты и оси конденсаторов переменной емкости, следует уточнить по имеющимся деталям. Вертикальную панель скрепи с передней стенкой основного шасси болтиками или заклепками.

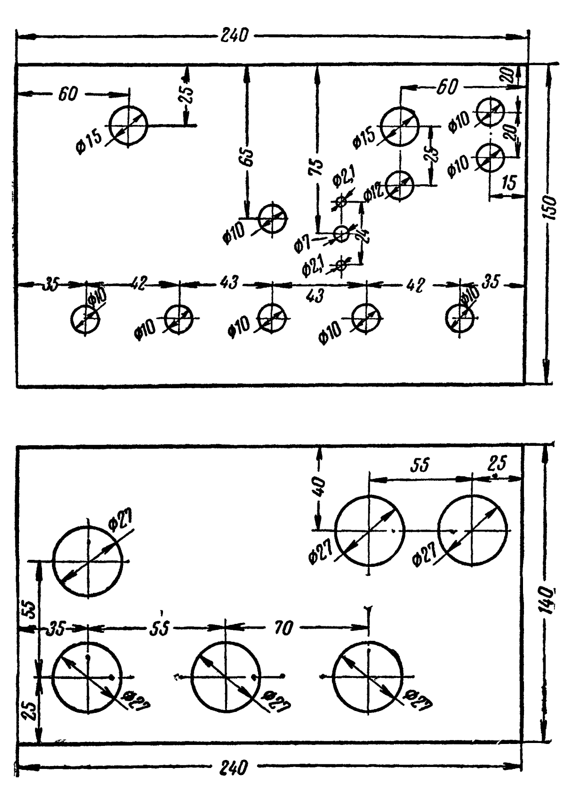


Рис. 294. Разметка основных отверстий на вертикальной и горизонтальной панелях шасси.

Учти: конструкция шасси должна быть жесткой, иначе частота передатчика может «плавать», чего допускать нельзя.

Все катушки индуктивности радиостанции — самодельные. Их конструкции и основные размеры показаны на рис. 295. При изготовлении той или иной катушки старайся выдержать размеры, которые указаны на этом рисунке.

Катушку L_1 намотай проводом ПЭЛ 0,65 на керамическом каркасе с сильным натяжением провода. Число витков этой катушки 21. Ее каркасом может быть также подходящего диаметра трубка из полистирола, фторопласта или органического стекла. Выводы ка-

тушки припаяй к контактным пластинкам или стойкам, укрепленным на каркасе.

Для катушек L_2, L_7 и L_8 желательно использовать шестигранные керамические или полистироловые каркасы. На таких каркасах намотаны, в частности, коротковолновые катушки радиоприемника «Звезда». Можно, разумеется, намотать эти катушки и на других каркасах таких же размеров, но обязательно из хорошего изоляционного материала, например органического стекла. Каркасы должны иметь высокочастотные подстроечные сердечники из карбонильного железа.

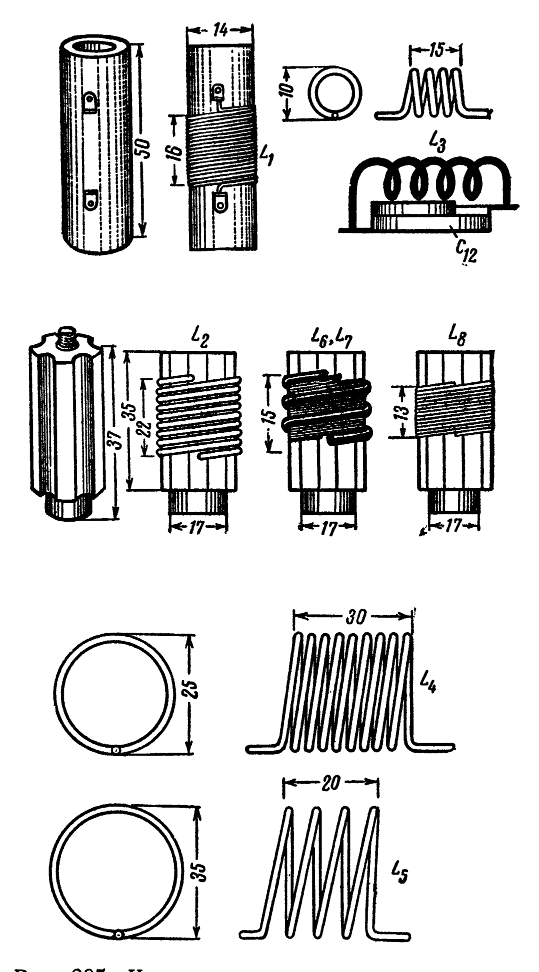


Рис. 295. Катушки индуктивности радиостанции.

Катушка L_2 должна иметь 10 витков голого медного провода толщиной 1,2—1,5 *мм* (разделительный конденсатор C_{11} припаивается к 3-му или 4-му витку, считая от анода лампы $Л_1$), а катушки L_7 и L_8 — по 15 витков того же провода, но толщиной 0,6—0,8 *мм*. Голый провод для этих катушек используется для того, чтобы во время налаживания радиостанций к их виткам, не зачищая изоляции, можно было припаивать монтажные проводники.

Катушка L_6 содержит 3 витка. Ее надо намотать поверх катушки L_7 медным проводом диаметром 0,8—1,0 *мм* с виниловой или другой надежной изоляцией.

Катушки L_3, L_4 и L_5 — бескаркасные. Наматываются они проводом ПЭЛ 2,0. Катушка L_3 имеет 4 витка, L_4 — 10 витков, L_5 — 4 витка. Для намотки этих катушек надо подобрать цилиндрические болванки подходящих диаметров. Для катушки L_3 подойдет, на-

пример, круглый карандаш, для L_4 — элемент 1,3-ФМЦ, а для L_5 — элемент «Сатурн». Провод, предварительно выпрямленный, укладывай виток к витку, а сняв катушку с болванки, растяни ее витки до необходимой длины. Катушку L_3 сразу же можно припаять к выводам подстроечного конденсатора (на принципиальной схеме C_{12}), который будет крепиться к панели шасси.

Высокочастотные дроссели $Др_1$ и $Др_2$, которые должны иметь по 90 витков, намотай на резисторах ВС-2,0 проводом ПЭЛШО или ПЭЛ 0,15, а дроссели $Др_4$, $Др_5$, $Др_6$ и $Др_7$ — на резисторах ВС-0,5 (рис. 296), уложив на их корпусах по 180 витков провода ПЭЛ 0,08. Перед намоткой дросселей токопроводящие слои резисторов надо полностью счистить наждачной бумагой или бархатным напильником.

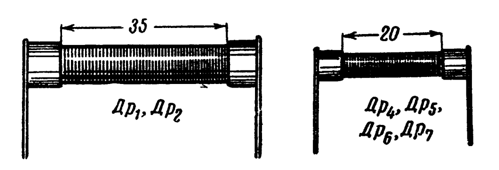


Рис 296. Высокочастотные дроссели.

Катушки L_4 и L_5 монтируются на выводных ламелях переключателя рода работы, одна возле другой или даже одна в другой, чтобы усилить связь между ними. Но катушки можно разместить на монтажной планке, смонтировав тут же и относящиеся к выходному участку передатчика конденсаторы C_{17}, C_{18} и дроссель $Др_2$. Монтажная планка с этими деталями крепится рядом с перключателем на опорных втулках высотой 30—40 *мм*.

Переключатели рода работы — обычный одноплатный переключатель диапазонов на три положения, желательно с керамической платой. Панельки для ламп $Л_1$, $Л_2$, $Л_7$ и $Л_8$ должны быть керамическими, чтобы уменьшить потери высокочастотной энергии. Индикаторные лампочки $Л_5$ и $Л_6$ подобны лампочкам для карманного фонарика, но на ток 0,075 *а* (75 *ма*).

В качестве конденсаторов переменной емкости C_1, C_{13} и C_{30} лучше всего использовать малогабаритные подстроечные конденсаторы с воздушным диэлектриком (от гетеродина телевизора «Темп», устаревших приемников «Родина», «Урал»). Для уменьшения емкости и получения «растяжки» шкалы настройки на угол 180° часть пластин у них удаляется. У конденсаторов C_1 и C_{30}, емкость которых должна изменяться примерно от 7 до 12 *пф*, надо оставить две подвижные и две неподвижные пластины, а у конденсатора C_{13} емкостью от 5 до 10 *пф* — одну подвижную и одну неподвижную пластины.

Но в качестве переменных конденсаторов могут быть использованы керамические подстроечные конденсаторы типа КПК-1. Крепятся они на держателях и снабжаются удлинительными осями для ручек настройки. Для держателей и осей таких конденсаторов очень хорошо использовать детали пришедших в негодность переменных резисторов типа СП (рис. 297). Разбери такой резистор.

Кожух, дужку и другие его части, кроме основания со втулкой и осью, удали. Счисть с основания резистора пластмассу и просверли в нем два отверстия (рис. 297, *б*) с таким расчетом, чтобы они приходились против крепежных отверстий конденсатора, а центры оси резистора и регулировочного винта конденсатора совпали. Конец оси, который обращен к конденсатору, укороти, а потом запили по шлицевому прорезу на головке подвижного диска конденсатора (рис. 297, *в*). Выступающий зубец должен плотно входить в прорез головки диска конденсатора. Затем по окружности оси пропили канавку глубиной 0,5 *мм*, в которую можно было бы вставить разрезную шайбу (рис. 296, *д*) или намотать в ней проволоку, чтобы закрепить ось во втулке.

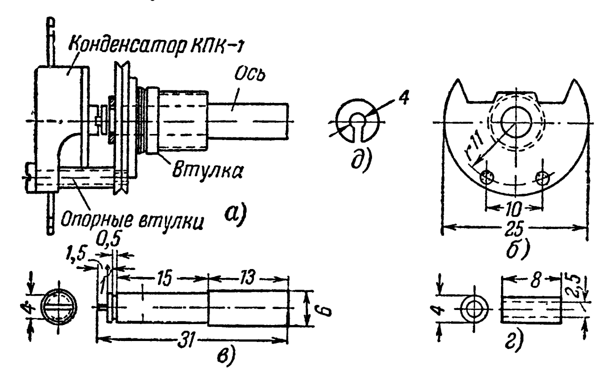


Рис. 297. Конструкция конденсатора КПК-1, используемого в качестве конденсатора настройки.

Конденсатор крепится к основанию резистора двумя винтами. Между корпусом конденсатора и основанием надень на винты металлические втулки (рис. 297, *г*) — кусочки трубки длиной по 8—9 *мм* (их можно свернуть из полости жести). При вращении оси диск конденсатора должен плавно и без заеданий вращаться. На шасси такая конструкция конденсатора крепится так же, как и переменный резистор.

Микрофонный трансформатор $Тр_1$ намотай на сердечнике сечением 0,5—1 $см^2$ (например, из пластин Ш-10, толщина набора 5—10 *мм*). Первичная обмотка его должна содержать 300 витков провода ПЭЛ 0,3—0,45, а вторичная — 6 000 витков провода ПЭЛ 0,1—0,15. В качестве микрофонного трансформатора можно использовать любой малогабаритный выходной трансформатор. Вторичная обмотка его будет первичной, а первичная — вторичной обмоткой микрофонного трансформатора.

Микрофон угольный типа МБ.

Для междулампового трансформатора $Тр_2$, модуляционного и низкочастотного дросселей $Др_3$ и $Др_8$ используй сердечники сечением около 2 $см^2$ из пластин Ш-12. Толщина набора сердечника

15 *мм*. Первичная обмотка трансформатора $Тр_2$ 1 000 витков провода ПЭЛ 0,08—0,1, вторичная — 800 витков того же провода. Обмотка модуляционного дросселя $Др_3$ 5 000 витков провода ПЭЛ 0,17, а обмотка низкочастотного дросселя $Др_8$ 10 000 витков провода ПЭЛ 0,08.

В сердечнике модуляционного дросселя сделай воздушный зазор толщиной 0,2 *мм* — примерно два слоя писчей бумаги.

Конденсаторы C_3, C_4, C_5, C_6, C_8, C_{11}, C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{28}, C_{32}, C_{34} и C_{36} должны быть керамическими типа КТК-1 или КДК-1, C_7, C_9, C_{14}, C_{16}, C_{19}, C_{39} и C_{41} — слюдяными типа КСО-1, остальные конденсаторы постоянной емкости, а также все резисторы могут быть любого типа. Подстроечные конденсаторы — керамические типа КПК-1.

Монтаж высокочастотных цепей надо выполнять голым медным, посеребренным или луженным проводом диаметром 1—1,5 *мм*, причем соединительные проводники этих цепей должны быть возможно более короткими. Для монтажа остальных цепей можно использовать любой гибкий или одножильный провод толщиной 0,3—0,5 *мм*. Для предотвращения возбуждения по низкой частоте сеточные цепи усилителей низкой частоты следует прокладывать экранированными проводниками, а их экранирующие оплетки заземлять. Для накальных цепей тоже рекомендуем использовать экранированные провода или шнур, сплетенный из двух изолированных проводов. Мелкие детали старайся группировать на монтажных планках и размещать возможно ближе к лампам или другим основным деталям схемы, к которым они относятся.

Все соединения делай прочно, надежно. Иначе твои передачи будут идти с тресками, посторонними шорохами, искажениями.

БЛОК ПИТАНИЯ

Блок питания радиостанции, включающий трансформатор с накальной обмоткой и выпрямитель с хорошим фильтром, радиоспортсмен монтирует обычно в виде самостоятельной конструкции, дополняя ее контрольными приборами. Так рекомендуем сделать и тебе.

Схема и примерная конструкция такого блока питания радиостанции показаны на рис. 298. Выпрямитель может быть на кенотроне или полупроводниковых плоскостных диодах, но обязательно двухполупериодным. Для лучшего сглаживания пульсаций выпрямленного тока в фильтре должны стоять низкочастотный дроссель и конденсаторы возможно большей емкости. Параллельно выходу фильтра выпрямителя подключен нагрузочный резистор *R*. Он нужен для стабилизации выпрямленного напряжения и предупреждения «пробоя» конденсаторов фильтра в моменты перехода с одного рода работы на другой и при выключении радиостанции,

когда анодно-экронные цепи передатчика и приемника не потребляют тока. Миллиамперметр, включенный последовательно в цепь питания, позволяет контролировать токи, потребляемые передатчиком и приемником, а вольтметр — контролировать выходное напряжение выпрямителя. Лампочка $Л_2$ — сигнальная, она загорается при включении блока питания.

Для защиты радиостанции от всякого рода помех, проникающих через электроосветительную сеть, первичная обмотка силового

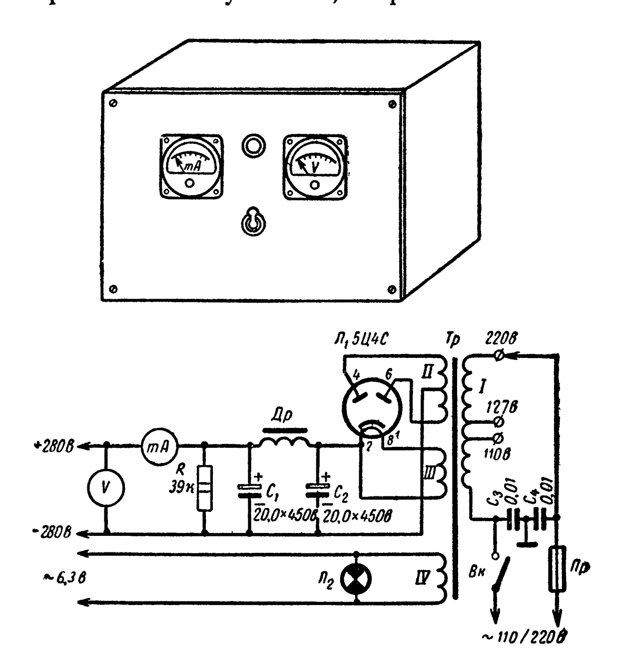


Рис. 298. Блок питания радиостанции.

трансформатора зашунтирована конденсаторами C_3 и C_4, средняя точка которых заземляется.

Выпрямитель, нагруженный радиостанцией, должен давать напряжение около 280 *в*, но не меньше 260 *в* при токе 100—120 *ма*. Соответственно вольтметр должен быть рассчитан на 300 *в*, а миллиамперметр — на ток 150—200 *ма*.

Трансформатор питания может быть готовым или самодельным — безразлично, лишь бы он обеспечивал напряжения и токи, потребные для работы радиостанции.

В фильтре выпрямителя можно использовать любой дроссель, имеющий площадь сечения сердечника 2,5—3 *см*², например от приемника «Урал» или самодельный. Данные самодельного дросселя: сердечник из пластин Ш-14, толщина набора 15—17 *мм*; обмотка —

около 3 000 витков провода ПЭЛ 0,15; воздушный зазор в сердечнике 0,2 *мм*.

Конструкция блока питания, показанная на рис. 297, — примерная. Она может быть изменена, а контрольно-измерительные приборы, если у тебя их не окажется, исключены. Соединение блока питания с радиостанцией может быть любым, лучше, однако, с помощью разъема, чтобы его можно было использовать для питания других конструкций.

АНТЕННА РАДИОСТАНЦИИ

Излучающая часть антенны радиостанции, именуемая также вибратором антенны, всегда настраивается в резонанс с частотой колебаний, на которой работает передатчик. Для этого длина проводника вибратора берется равной $^1/_2$ λ (греческой буквой λ — лямбда — обозначают длину волны), а точнее 0,475 λ. В связи с этим обстоятельством такие антенны называют полуволновыми антеннами.

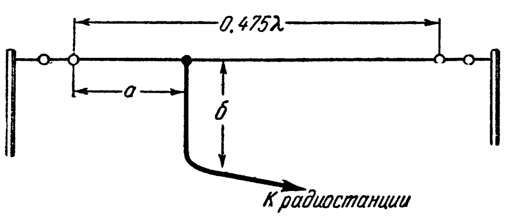


Рис. 299. Однофидерная антенна «американка».

Ту же часть антенного сооружения, с помощью которой энергия передатчика подается к вибратору, называют соединительной линией или фидером. Эта линия может быть однопроводной подобно снижению радиовещательной антенны или двухпроводной, но должна быть выполнена с таким расчетом, чтобы она не излучала энергии передатчика, подводимой через нее к вибратору.

Наиболее простой антенной любительской радиостанции является так называемая «американка» (рис. 299), внешне напоминающая Г-образную радиовещательную антенну. Это однопроводная, или однофидерная, антенна, так как ее соединительная линия выполняется одинарным проводом.

Провод вибратора подвешивается на мачтах-опорах с помощью изоляторов на высоте не менее 7—10 *м* над землей. Его длина должна быть близкой к 0,47 λ. Если, например, ты будешь работать на частоте, близкой к 29,7 *Мгц* (длина волны около 10,1 *м*), то длина провода вибратора должна будет равняться 480—482 *см*.

Длина фидера может быть до 100—150 *м*. Но длина его участка *б* (рис. 299), который обязательно делается перпендикулярным вибратору, должна быть равна не менее третьей части общей длины фидера. Так, например, если общая длина фидера будет получаться, допустим, 30 *м*, то длина участка *б* должна быть не менее 10 *м*. Иначе фидер тоже станет излучать электромагнитную энергию, что снизит качество антенны.

Длина участка *a* определяется опытным путем, после того как передатчик налажен, и может быть равна 0,17—0,35 λ. Проверка правильности выбора точки присоединения фидера к вибратору производится с помощью резонансного волномера или индикатора напряженности поля (описаны в двадцать седьмой беседе). Если показания любого из этих приборов-индикаторов при перемещении вдоль фидера будут одинаковыми, значит точка присоединения фидера к вибратору выбрана правильно. При этом надо только следить, чтобы расстояние между проводом фидера и волномером или индикатором при измерении не изменялось.

Такую настройку антенны можно произвести еще с помощью двух лампочек накаливания, рассчитанных на напряжение 2,5 *в* и ток накала 0,075 *а*, до того как антенна будет укреплена на опорах. Лампочки припаиваются к концам провода вибратора. Ко вторым контактам цоколей лампочек припаиваются куски провода длиной по 15—20 *см*. Одинаковая яркость свечения обеих лампочек при включении передатчика будет свидетельствовать о правильном присоединении фидера к вибратору. В противном случае точку присоединения фидера к вибратору надо перемещать в ту или иную сторону, добиваясь одинакового свечения обеих лампочек. После удаления лампочек антенна крепится на опорах.

Для вибратора и фидера желательно использовать медный провод толщиной 1,5—3 *мм*, антенный канатик или стальной провод с медным покрытием. Фидер, как и вибратор, должен быть самым тщательным образом изолирован от посторонних предметов; в местах ввода в дом он не должен иметь петель, перегибов и острых углов.

«Американка» и подобные ей антенны, у которых вибратор выполняется в виде горизонтального луча, обладают направленностью излучаемой электромагнитной энергии. Максимальное излучение будет в направлениях, перпендикулярных горизонтальному проводу антенны.

Вторым простым типом антенн любительской УКВ радиостанции являются штыревые антенны. Это ненаправленные антенны. Излучаемая ими электромагнитная энергия распространяется от них равномерно во все стороны.

Одна из конструкций штыревой антенны показана на рис. 300. Ее вибратор также имеет длину, равную полуволне, но состоит из двух изолированных друг от друга частей: штыря — трубки диаметром 8—12 *мм* или куска толстой проволоки и алюминиевой трубы диаметром 25—40 *мм*. Длина штыря и трубы по $^1/_4$ λ, т. е. примерно по 250 *см*. Для фидера используется коаксиальный кабель или электроосветительный шнур. В середине или верхней части штырь удерживается в вертикальном положении изоляционной пластинкой или изолятором. Нижний конец штыря находится в пробке из органического стекла, резины или другого изоляцион-

ного материала, забитой в трубу. Такая же пробка имеется в нижней части трубы. Центральная жила кабеля соединяется с нижним концом штыря, а оболочка — с верхним концом трубы.

Эту антенну собирай в такой последовательности. Сначала насади на штырь и кабель пробки. Пропусти кабель в трубу. При помощи хомутика надежно соедини с трубой оболочку кабеля, а центральную жилу припаяй к нижнему, выступающему из пробки концу штыря (если штырь алюминиевый, то центральная жила соединяется с ним с помощью обжимающего хомутика). После этого вгони в трубу верхнюю пробку, а потом нижнюю. Если штырь трубчатый, верхнее отверстие его заткни резиновой пробкой. А чтобы вода не проникала в трубу, пояски штыря и пробки залей клеем БФ-2. Крепить антенну к ее опоре можно при помощи больших фарфоровых изоляторов или стоечек, выпиленных из толстого органического стекла, текстолита.

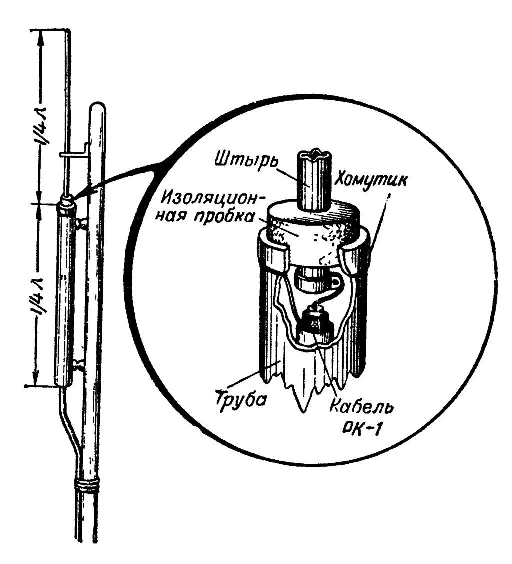


Рис. 300. Штыревая полуволновая антенна.

Опытные радиоспортсмены применяют более сложные антенны направленного действия, напоминающие внешним видом телевизионные антенны. «Дальнобойность» радиостанций с такими антеннами больше, чем у «американки» и простых штыревых антенн, но они излучают и принимают радиоволны в основном только с той стороны, в какую они направлены. Такие антенны часто делают вращающимися. Надо связаться с корреспондентом, находящимся, скажем, в юго-западном направлении от радиостанции, и антенну поворачивают так, чтобы она была направлена в эту сторону.

Со временем, возможно, и ты сделаешь для своей радиостанции направленную антенну.

НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОСТАНЦИИ

Налаживание передатчика и настройка его контуров на частоту любительского диапазона — самый ответственный этап конструирования радиостанции. Чтобы передатчик хорошо наладить, нужны катодный вольтметр, контрольный градуированный приемник или

волномер и некоторые другие приборы, которые у тебя отсутствуют. Но эти приборы есть в радиоклубе ДОСААФ, где ты будешь оформлять разрешение на эксплуатацию радиостанции; они могут быть в радиолаборатории местной станции юных техников, дворца или дома пионеров. Там ты всегда получишь нужный совет и практическую помощь.

Тем не менее наладить радиостанцию с точностью, достаточной для того, чтобы начать работу в эфире, можно и в любительских условиях, пользуясь теми приборами, которые у тебя есть, и некоторыми другими, которые придется сделать.

Итак, тщательно проверь все соединения, жесткость крепления деталей, сверь монтаж радиостанции с ее принципиальной схемой. Подключи к радиостанции выпрямитель. Примерные напряжения, которые должны быть на электродах ламп по отношению к общему минусу, указаны на принципиальной схеме радиостанции (см. рис. 292). Практически эти напряжения могут отличаться от указанных в пределах до 15—20% в обе стороны. После этого переходи к раздельному налаживанию приемника и передатчика.

Установи переключатель рода работы в положение «*Передача*». Антенну пока не подключай.

Приступая к испытанию и налаживанию передатчика, проверь прежде всего задающий генератор — генерирует ли он? Возьми в руку неоновую лампочку, например типа МН-3, и коснись одним из выводов ее цоколя анодного гнезда панельки лампы $Л_1$. Если неоновая лампочка светится, значит задающий генератор работает.

Работу генератора можно проверить и с помощью миллиамперметра на ток 30—50 *ма*, включив его в анодную цепь лампы $Л_1$. Если он генерирует, то анодный ток лампы не должен превышать 8—10 *ма*. Если коснуться вывода управляющей сетки лампы, чтобы «сорвать» генерацию, анодный ток должен возрасти до 45—30 *ма*. Резкое изменение анодного тока свидетельствует о исправной работе генератора.

Иногда даже при правильном монтаже и заведомо исправных деталях генератор может не возбуждаться. Причиной этого чаще всего бывает недостаточная общая емкость конденсаторов C_1, C_2 и C_3. В этом случае следует подключить параллельно им еще один конденсатор емкостью в несколько пикофарад или заменить конденсатор C_3 другим несколько большей емкости.

Убедившись в том, что генератор работает, установи роторы конденсаторов C_1 и C_2 в положение средней емкости и настрой анодный контур L_2C_8 на частоту 28,85 *Мгц*, равную удвоенной частоте сеточного контура генератора. Для этого потребуется пробник — виток медного провода толщиной 1—2 *мм*, замкнутый на лампочку накаливания, рассчитанную на напряжение 2,5 *в* и ток 0,075 *а* (рис. 301). Индикатором пробника может быть и лампочка для карманного фонарика, но в этом случае чувствительность приборчика несколько снизится.

Поднеси виток пробника к катушке L_2. Создавшийся в нем ток высокой частоты накалит нить лампочки пробника. Подстраивая контур L_2C_8 сердечником катушки L_2, добейся наиболее яркого свечения лампочки.

Теперь надо установить ориентировочно границы частот генератора, соответствующие любительскому УКВ диапазону. Это можно сделать при помощи самодельного резонансного волномера, описание которого ты найдешь на стр. 550. Там же говорится о пользовании им.

Так вот, перед тобой стоит задача: пользуясь резонансным волномером как эталоном, подогнать диапазон частот, перекрываемых передатчиком, под частоты радиолюбительского диапазона. Говоря иначе, тебе надо добиться, чтобы при изменении емкости конденсатора C_1 настройки сеточного контура лампы $Л_1$ от максимума до минимума частота колебаний в анодном контуре L_2C_8 этой лампы изменялась от 28 до 29,7 *Мгц*. Достигается это подбором емкостей конденсаторов C_2 и C_3 и индуктивности катушки L_1.

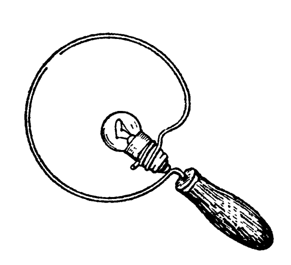


Рис. 301. Высокочастотный пробник.

Сначала подгони границу наименьшей частоты генератора. Для этого ротор конденсатора C_1 поставь в положение максимальной емкости и, поднеся волномер к катушке L_2, измерь получившуюся частоту колебаний в контуре L_2C_8. Если она окажется выше 28 *Мгц*, то увеличивай емкость подстроечного конденсатора C_2, а если ниже — уменьшай его емкость. Если даже при максимальной емкости этого конденсатора частота колебаний в анодном контуре не снизится до 28 *Мгц*, это укажет на необходимость увеличения индуктивности катушки L_1.

Увеличивать число витков катушки L_1 тебе, вероятно, не придется, так как она намотана с небольшим запасом — ведь проще отмотать половину витка или виток, нежели доматывать или перематывать катушку заново. Так, видимо, тебе и придется поступить, если при минимальной емкости подстроечного конденсатора C_2 частота колебаний в анодном контуре будет ниже 28 *Мгц*.

Затем переведи ротор конденсатора C_1 в положение минимальной емкости. Теперь частота колебаний в анодном контуре должна быть равна 29,7 *Мгц*. Если волномер покажет значительное отклонение от этой частоты, которое не удастся устранить подстроечным конденсатором C_2, то подбирай емкость конденсатора C_3. А установив эту верхнюю границу частоты генератора, проверь нижнюю границу, а затем снова верхнюю. Потом установи конденсатор C_1 в положение средней емкости и еще раз сердечником катушки L_2 подстрой контур L_2C_8 в резонанс со средней частотой (28,85 *Мгц*) задающего генератора. Индикатором этой настройки служит проб-

ник. После этого можно будет по волномеру предварительно отградуировать шкалу настройки передатчика.

Во время настройки генератора учитывай, что при увеличении суммарной емкости конденсаторов C_2 и C_3 перекрываемый им диапазон частот уменьшается, а при уменьшении ее, наоборот, увеличивается. При правильном подборе данных деталей задающего контура поворот ротора конденсатора C_1 на 180° должен обеспечивать изменение частоты передатчика от 28 до 29,7 *Мгц*.

Налаживание усилителя мощности передатчика сводится к настройке контура $L_4C_{13}C_{14}$ в резонанс с частотой колебаний в контуре L_2C_8. Индикатором настройки служит сигнальная лампочка $Л_5$, включенная в цепь анода лампы $Л_2$. Как в начале, так и в конце диапазона моменты резонанса определяются по минимальному свечению лампочки. При этом анодный ток лампы усилителя равен 30—35 *ма*, что можно проверить миллиамперметром, включив его в цепь анода. Если четко выраженного резонанса не получается, подгоняй индуктивность катушки L_4, изменяя расстояние между витками, уменьшая или увеличивая число витков, включаемых в контур.

Модулятор передатчика налаживай так же, как обычный однокаскадный усилитель низкой частоты. Для проверки качества работы лампы $Л_3$ параллельно ее анодной цепи можно подключить знакомый тебе пробник, которым ты пользовался для проверки цепей приемников прямого усиления (см. рис. 198). Основное здесь — подобрать сопротивление резистора R_6, от которого зависит величина тока, протекающего через угольный микрофон. Для микрофона типа МБ этот ток не должен превышать 25—30 *ма*. Иначе может произойти спекание угольного порошка в микрофоне. С этой целью вместо постоянного резистора R_6 можно включить переменный резистор сопротивлением 750—1 000 *ом* и с помощью его установить нужный ток микрофона, затем замерить сопротивление этого резистора и заменить его постоянным такого же сопротивления.

Подобрав ток, произнеси перед микрофоном протяжный звук «а—а—а» — сигнальная лампочка $Л_5$ должна начать светиться еще ярче. В это время анодный ток лампы $Л_2$ усилителя мощности, модулируемый колебаниями низкой частоты, должен увеличиваться на 5—7 *ма* и достигать 40—45 *ма*. Если произойдет именно так, значит передатчик работает исправно.

Теперь подключи антенну. Изменяя положение катушки L_5 относительно катушки L_4, добейся свечения лампочки $Л_6$, включенной в цепь антенны. Затем антенную цепь настрой в резонанс со средней частотой генератора. Достигается это изменением расстояния между витками катушки L_5 и подстроечным конденсатором C_{18}. А индикатором настройки служит лампочка $Л_6$. Надо сделать так, чтобы она светилась наиболее ярко примерно при средней емкости подстроечного конденсатора C_{18}. Если после всего этого говорить

перед микрофоном, то обе сигнальные лампочки будут светиться ярче с переменной силой.

Колебательный контур L_3C_{12}, ослабляющий помехи телевидению, подстраивается при работающем передатчике. Контрольный телевизор в это время должен находиться в 5—10 *м* от передатчика. Изменяя емкость подстроечного конденсатора C_{12}, надо добиться, чтобы на экране телевизора было возможно меньше всякого рода «снежинок» и черточек, портящих изображение.

Но налаживание передатчика на этом не заканчивается. Когда начнешь работать в эфире, твои корреспонденты скажут, хороша ли модуляция в твоем передатчике, прослушивается ли фон переменного тока, не уходит ли частота твоего передатчика за пределы любительского диапазона. Они же дадут тебе советы, как улучшить работу твоего передатчика. Если твои передачи идут с искажениями, придется получше подобрать сопротивление резистора R_6, с которого снимается напряжение для питания угольного микрофона, а может быть, подумать о замене микрофона. Если прослушивается фон переменного тока, надо будет увеличить емкость конденсаторов сглаживающего фильтра выпрямителя. Уход частоты передатчика за пределы любительского диапазона укажет на необходимость более тщательной подстройки колебательных контуров передатчика.

Налаживание приемника начинай с проверки его усилителя низкой частоты. Установи переключатель рода работы в положение «*Прием*», а на вход усилителя между управляющей сеткой лампы $Л_7$ и шасси подай низкочастотный сигнал от звукоснимателя или звукового генератора (см. стр. 553). В телефоне, включенном на выход приемника, ты должен услышать достаточно громкий и чистый звук. В случае каких-то неполадок отыскивай их и устраняй так же, как в уже знакомых тебе усилителях низкой частоты. Таким образом, ты заодно убедишься в исправной работе лампы $Л_7$, которая в приемнике выполняет еще функции усилителя низкой частоты.

В целях упрощения наладки сверхрегенеративного и высокочастотного каскадов конденсатор связи C_{29} временно отключи от анодной цепи лампы $Л_7$ и подключи к точке соединения высокочастотного дросселя $Др_6$ с первичной обмоткой междулампового трансформатора $Тр_2$. Получится приемник по формуле I — V — 1 со сверхрегенеративным детектором.

Проверь, работает ли сверхрегенеративный каскад. При вращении ручки переменного резистора R_{14} в телефоне должен плавно появляться и так же плавно пропадать характерный для сверхрегенератора шум, напоминающий шипение примуса. Это — порог генерации. При таком положении ползунка резистора R_4 сверхрегенератор дает наибольшее усиление. Если этого шума нет, надо добиться появления его путем подбора емкостей конденсаторов C_{32} и C_{36} и точки подключения дросселя $Др_8$ к катушке L_8. Этот

дроссель должен быть припаян к 5-му витку катушки, считая от сеточного конца.

Далее начинается наиболее кропотливое, но интересное занятие — настройка контуров высокочастотного и сверхрегенеративного каскадов.

Если можно было бы воспользоваться сигнал-генератором, то все выглядело бы просто: на вход приемника подаются высокочастотные модулированные сигналы, соответствующие частотам любительского диапазона, и под них подстраиваются контуры.

Предварительная настройка контуров и градуировка шкалы настройки приемника могут быть произведены с помощью резонансного волномера и своего же передатчика, если он уже налажен, но они потребуют значительно больше времени, чем с сигнал-генератором.

Сначала, пользуясь только контуром волномера (без приборов на его выходе), настрой контур сверхрегенератора на среднюю частоту любительского диапазона. Для этого конденсатор C_{30} поставь в положение средней емкости, а переменным резистором R_{14} добейся появления в телефоне, включенном на выход приемника, характерного для работы сверхрегенератора шума. Поднеси к катушке L_8 катушку волномера, настроенного заранее на частоту 28,85 *Мгц*, и, перемещая сердечник катушки L_8, настрой контур сверхрегенератора на собственную частоту волномера. В момент совпадения частот, когда волномер «отсасывает» из контура сверхрегенератора максимум высокочастотной энергии, шум должен исчезнуть. Одновременно можешь изменять и емкость конденсатора C_{30}, но только для того, чтобы судить о том, надо ли увеличивать или уменьшать индуктивность катушки L_8, чтобы настроить контур сверхрегенератора на среднюю частоту любительского диапазона. Если окажется, что даже при полностью введенном внутрь катушки сердечнике ее индуктивность мала, добавь два-три витка; если индуктивность велика — убавь катушку на один-два витка. Короче говоря, сделай так, чтобы при средней емкости конденсатора C_{30} контур сверхрегенератора был настроен на частоту 28,85 *Мгц*. Иначе приемник не будет перекрывать всего диапазона частот.

С помощью волномера, используя тот же метод «отсоса», ты можешь предварительно отградуировать всю шкалу настройки приемника.

Затем переключатель рода работы поставь в положение «*Передача*», временно замкни проволочной перемычкой контакты переключателя $П_2$, а гнездо антенны соедини через конденсатор емкостью 10—15 *пф* с катушкой L_6. Ротор подстроечного конденсатора C_{22} входного контура приемника поставь в положение средней емкости, а задающий генератор передатчика настрой на частоту 28,85 *Мгц*. Попроси товарища посчитать перед микрофоном: «Раз, два, три...» А ты в это время, поплотнее прижав телефоны к ушам,

настраивай приемник на частоту передатчика — сначала конденсатором C_{30}, затем сердечником катушки L_7. Если голос товарища звучит в телефонах очень громко, что затрудняет улавливание момента резонанса, замени конденсатор, соединяющий выход передатчика с входом приемника, другим конденсатором емкостью в несколько пикофарад или вообще убери его — при слабом сигнале на входе приемника настройка контуров будет точнее.

Поскольку контур сверхрегенератора был уже настроен по волномеру на среднюю частоту диапазона, наиболее громкий прием должен получиться при емкости конденсатора C_{30}, соответствующей частоте 28,85 *Мгц*. Изменяя частоту передатчика и одновременно принимая его сигналы, ты теперь сможешь сверить пометки на шкалах настройки радиостанции. А когда ты восстановишь рефлексную схему, вновь присоединив конденсатор связи C_{29} к анодной цепи лампы $Л_7$, громкость сигнала на выходе приемника значительно возрастет.

На этом предварительная наладка радиостанции заканчивается. А окончательная? Она впереди — когда начнешь работать в эфире. И опять-таки с помощью радиолюбителей-укавистов, которые дадут тебе практические советы по радио. У них опыт, а у тебя его пока нет. Тогда же как следует установишь диапазон частот, перекрываемых твоей радиостанцией, отградуируешь шкалы настройки и многое другое.

РАБОТА В ЭФИРЕ

Есть такая народная пословица: «Не зная броду — не суйся в воду». Применительно к работе в эфире она означает: не начинай работать на передатчике, пока не узнаешь, как работают другие радиолюбители-укависты. Посиди за приемником вечера три-четыре, послушай любительский диапазон, и тебе станет ясно, как вести себя в эфире. Вот тогда-то и включай свой передатчик.

Включив передатчик, четко и разборчиво трижды объяви свой позывной, например: «Всем, всем. Работает радиостанция УА3КБЕ (это позывной радиостанции 59-й Московской школы): уа три ка бе е, Москва. Кто меня слышит — отвечайте. Перехожу на прием».

Если вызываешь какого-то определенного корреспондента, то называй его позывной. После этого переходи на прием. Если корреспондент тебя не услышал, вызови его еще раз и переходи на прием. Установив таким образом двустороннюю связь, ты можешь спросить у корреспондента о схеме, частоте его передатчика, о том, как он тебя слышит. Учитывая его ответы и советы, ты будешь улучшать работу своей радиостанции.

В свою очередь ты будешь сообщать своему корреспонденту о качестве работы передатчика его радиостанции, помогая ему совершенствовать аппаратуру.

Качество работы радиостанции оценивается по шкалам разбираемости РСМ, которые мы здесь приводим.

Шкала разбираемости — Р

Р1 — сигналы разобрать невозможно.
Р2 — сигналы разбираются частично и с трудом.
Р3 — разбираемость средняя.
Р4 — разбираемость хорошая.
Р5 — сигналы разбираются отлично.

Шкала слышимости (громкости) — С

С0 — сигналы совершенно не слышны.

С1 — еле слышно, ничего разобрать нельзя.

С2 — очень слабая громкость, разбираются отдельные слова.

С3 — слышно слабо, разобрать все же можно, но с большим трудом.

С4 — слышимость достаточная для приема с некоторым напряжением.

С5 — средняя громкость, достаточная для приема при отсутствии помех.

С6 — средняя громкость, принимать легко.

С7 — громкая, хорошая слышимость.

С8 — весьма громкая слышимость (даже на расстоянии от телефона).

С9 — очень громкий прием.

Шкала качества модуляции — М

М1 — очень плохая модуляция, ничего разобрать нельзя.

М2 — плохая модуляция, но отдельные слова разбираются.

М3 — разбираются все слова, но искажения весьма заметны.

М4 — хорошая модуляция.

М5 — прекрасная передача без искажений.

Установив двустороннюю связь с новым, незнакомым тебе укавистом, ты обязан для подтверждения состоявшейся встречи в эфире послать ему свою карточку-квитанцию, а он тебе — свою. Обмен карточками-квитанциями производится по почте через местный радиоклуб.

Ты обязан вести аппаратный журнал по форме, приведенной ниже. Это твой творческий отчет, который, если надо, могут проверять представители Государственной инспекции электросвязи.

В первой графе записывай число и месяц, когда ты работал на радиостанции, во второй — часы и минуты начала и конца двусторонней связи, в третьей — позывной радиостанции, с которой была связь. В четвертую графу заноси краткое содержание разговора, в пятую — оценку работы радиостанции корреспондента по

шкалам разбираемости, слышимости и модуляции. В графе «Примечание» отмечай характерные особенности приема, например наличие помех, замираний, записывай изменения в своей радиостанции, а также делай отметки о посылке карточек-квитанций. Записи в этой графе помогут тебе изучить свойства распространения УКВ в различное время года и суток, проследить за теми изменениями, которые ты делал в своей радиостанции, улучшая ее работу, и сделать соответствующие выводы на будущее.

ФОРМА АППАРАТНОГО ЖУРНАЛА

Число	Московское время (МСК)	Позывной вызванной станции	Содержание переданного текста	PCM	Примечания

КАК ОФОРМИТЬ РАЗРЕШЕНИЕ НА УКВ ПЕРЕДАТЧИК

Все индивидуальные любительские УКВ станции делятся на три категории. Первая — самая высокая категория. Независимо от категории мощность УКВ станции должна быть не больше 10 *вт*. Радиостанция, которую мы описывали в этой беседе, имеет меньшую мощность. Соответствующая категория присваивается радиостанции на основании решения специальной квалификационной комиссии при местном комитете ДОСААФ в зависимости от опыта и знаний радиолюбителя, на которого оформляется разрешение.

Для получения разрешения на постройку УКВ радиостанции необходимо представить в Государственную инспекцию электросвязи заявление-анкету по специальной форме, автобиографию, характеристику из школы и ходатайство местного комитета ДОСААФ.

Постройка радиостанции должна быть произведена в течение 6 мес. после получения разрешения. После того как радиостанция построена, владелец ее заявляет об этом в местную Государственную инспекцию электросвязи, которая вручает ему разрешение на эксплуатацию радиостанции и присваивает ей позывной.

Разрешение на эксплуатацию радиостанции действительно в течение 1 года. Продление срока действия его производится Государственной инспекцией электросвязи. Обо всех изменениях в схеме радиостанции, перемене места ее расположения, прекращении работы на срок более 3 мес. владелец ее обязан сообщить в Инспекцию электросвязи.

Порядок получения разрешения на постройку и эксплуатацию школьной коллективной УКВ радиостанции тот же, что и для индивидуальной радиостанции. Начальником радиостанции, на чье имя выдается разрешение, может быть старшеклассник не мо-

ложе 16 лет, учитель, руководитель радиокружка. На передатчике коллективной УКВ радиостанции могут работать школьники 14-летнего возраста, зарегистрированные в ДОСААФ, а в качестве любителей-наблюдателей — достигшие 12-летнего возраста.

Если тебе еще не исполнилось 16 лет, то чтобы получить разрешение на индивидуальную станцию, накапливай опыт работы укависта на коллективной радиостанции.

O

О ФОТОЭЛЕМЕНТАХ, АВТОМАТИКЕ И ТЕЛЕМЕХАНИКЕ

Эта беседа — разговор о некоторых приборах и устройствах, благодаря которым «немое» кино стало звуковым, родились фототелеграфия, телевидение, электронная автоматика, осуществляются контроль за производственными процессами, сигнализация, управление механизмами на расстоянии.

Начнем с ф о т о э л е м е н т а — прибора, преобразующего световую энергию в электрическую.

ФОТОЭФФЕКТ

Честь изобретения фотоэлемента принадлежит русскому ученому Александру Григорьевичу Столетову.

Будучи профессором физики Московского университета, А. Г. Столетов в 1888 г. провел такой эксперимент (рис. 302). Неподалеку друг от друга он расположил металлический диск и тонкую металлическую сетку, укрепив их на стеклянных стойках. Диск он соединил с отрицательным, а сетку — с положительным полюсами батареи. Между сеткой и батареей он включил чувствительный электроизмерительный прибор — гальванометр, на подвижной рамке которого вместо стрелки было укреплено зеркальце. Против гальванометра находился фонарик, а под ним — полоска бумаги с делениями — шкала. Пучок света от фонарика был направлен на зеркальце гальванометра, а отраженный от него «зайчик» падал на шкалу. Даже самый незначительный ток, появлявшийся в гальванометре, поворачивал зеркальце, заставляя световой «зайчик» бежать по делениям шкалы.

На некотором расстоянии от диска и сетки был установлен дуговой фонарь, свет которого, пронизывая сетку, освещал диск. Пока шторка дугового фонаря была закрыта, световой «зайчик» покоился на нуле шкалы. Стоило шторку приоткрыть, как «зайчик» тотчас перемещался по шкале, указывая на наличие тока в казалось бы разорванной цепи.

Александр Григорьевич таким образом установил, что свет «рождает» электрический ток. Это явление мы теперь называем ф о т о э л е к т р и ч е с к и м эффектом (от греческого слова «фото» — свет и латинского слова «эффект» — действие).

Ученый экспериментальным путем доказал, что некоторые материалы под действием света подобно нагретому катоду радиолампы могут испускать электроны. В его опытах свет выбивал из металлического диска «рой» электронов, которые притягивались положительно заряженной сеткой, образуя в цепи электрический ток. Этот ток мы сейчас называем фототоком.

В опытной установке А. Г. Столетова использовались два электрода, подобные электродам двухэлектродной лампы: диск — катод

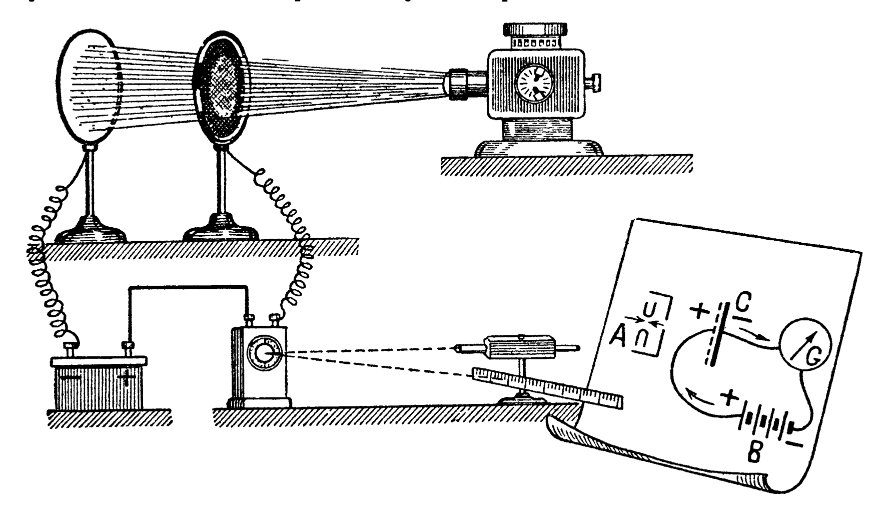


Рис. 302. Схема опыта А. Г. Столетова. Справа — рисунок из его сочинения, на котором: *A* — дуговой фонарь; *B* — батарея; *C* — два плоскопараллельных диска; *G* — гальванометр.

и сетка — анод. Когда диск освещался, в цепи возникал электрический ток, потому что в пространстве между электродами появлялся поток электронов, выбитых светом из диска — катода.

Эта опытная установка А. Г. Столетова была первым в мире фотоэлементом. Величина фототока такого прибора зависела от свойств металла, из которого был сделан катод, напряжения батареи и природы света, освещавшего катод.

ФОТОЭЛЕМЕНТЫ С ВНЕШНИМ ФОТОЭФФЕКТОМ

Катоды современных фотоэлементов делают из полупроводников. При этом образование свободных электронов, способных вылетать из катодов, идет во много раз интенсивнее, чем при использовании катодов из металлов.

Внешний вид и устройство одного из фотоэлементов — фотоэлемента типа ЦГ-3, используемого в узкопленочных кинопередвижках, показаны на рис. 303.

Фотоэлемент ЦГ-3 — небольшая шарообразная стеклянная колба с двумя металлическими цилиндриками — выводами электродов. На внутреннюю поверхность колбы нанесен тончайший слой серебра (так называемая подкладка), а поверх него — слой цезия (буква Ц в наименовании типа фотоэлемента). Это — катод. Он соединен с цилиндриком меньшего диаметра и обозначается знаком минус. В центре колбочки на стерженьке укреплено металлическое кольцо. Это — анод. Он соединен с цилиндриком большего диаметра, который обозначается знаком плюс.

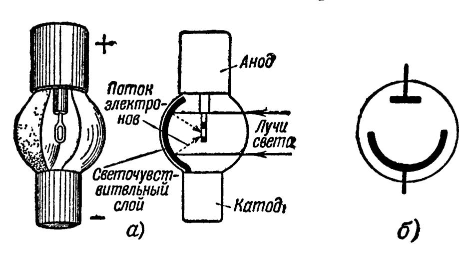


Рис. 303. Фотоэлемент.

а — газонаполненный фотоэлемент типа ЦГ-3; *б* — изображение фотоэлемента на схемах.

Колбочка фотоэлемента наполнена газом гелием (буква Г в его наименовании). Благодаря наличию этого газа можно получить больший фототок. Объясняется это тем, что электроны, летящие от катода к аноду, сталкиваются по пути с атомами газа и выбивают из них новые электроны, которые также летят к аноду. Остатки атомов — положительные ионы — летят к катоду. В результате общее число электронов, летящих к аноду, получается бо́льшим, чем в вакууме.

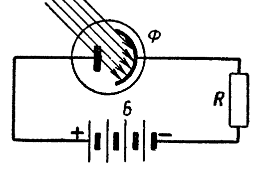


Рис. 304. Схема включения фотоэлемента.

Одна из возможных схем включения фотоэлемента показана на рис. 304. Здесь *Ф* — фотоэлемент; *R* — его нагрузочный резистор; *Б* — батарея (или выпрямитель), питающая цепь, в которую включен фотоэлемент.

Величина тока в цепи с фотоэлементом ЦГ-3 при сильной освещенности катода и напряжении на аноде 250 *в* не превышает 200 *мка*. Он почти в 200 раз больше тока при полном затемнении фотоэлемента. Это значит, что при перекрывании пучка света, направленного на фотоэлемент, величина фототока будет изменяться скачками примерно от 1 до 200 *мка*.

Если же освещенность фотоэлемента изменять со звуковой частотой, то в телефоне, включенном вместо нагрузочного резистора *R*, будет слышен звук.

Сравнительно небольшое переменное напряжение, создающееся на нагрузке фотоэлемента, можно усилить при помощи электронных ламп или транзисторов, как показано на схеме на рис. 305. Здесь конденсатор *C* пропускает в цепь сетки лампы переменную составляющую, но задерживает постоянную составляющую тока цепи фотоэлемента; R_2 — резистор утечки сетки; резистор R_3 — анодная нагрузка лампы. При изменении освещенности фотоэлемента в анодной цепи лампы возникают более сильные колебания

тока, чем в цепи самого фотоэлемента. Этот принцип и используется в передаче изображений на расстояние, в звуковом кино.

Рассматривая кусочки ленты звукового кинофильма, ты не мог не заметить рядом с кадрами узкие полоски с причудливыми узорами (рис. 306). Это так называемые звуковые дорожки, или фонограммы — фотографическая запись звука, сопровождающего кинокартину. Музыку, песни, разговоры киноартистов, шумы сначала записали на специальном магнитофоне, который называется синхрофоном. Он отличается от обычного магнитофона тем, что его магнитная лента движется строго согласованно с движением кинопленки с изображением. Потом магнитную запись звука воспроизвели с помощью того же синхрофона, но низкочастотные колебания после усиления подали не на громкоговоритель, а на так называемый световой модулятор — устройство,

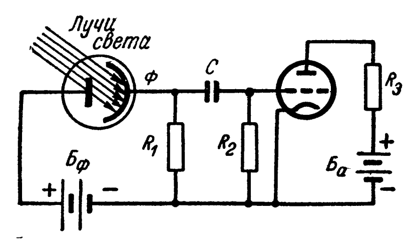
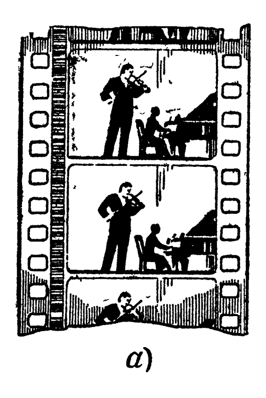
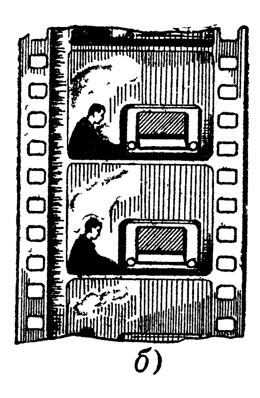


Рис. 305. Схема, поясняющая принцип усиления фототока.





а)   б)

Рис. 306. Отрезки киноленты с различными способами оптической записи звука.

а — интенсивным; *б* — поперечным (трансверсальным).

создающее световой пучок, интенсивность или ширина которого изменяется с силой и частотой подведенных к нему электрических колебаний. Модулированный световой пучок направили на светочувствительный слой движущейся киноленты. Действуя на светочувствительный слой, световой пучок «перенес» магнитную запись звука на киноленту. Киноленту проявили и закрепили, как обычный фотонегатив, и на ней получилась звуковая дорожка. После этого были напечатаны позитивные копии фильма, на которых есть и кадры изображения, и звуковая дорожка.

На рис. 306 ты видишь два отрезка ленты звукового кинофильма. На левом отрезке плотность затемнения звуковой дорожки изменяется по длине ленты. Это так называемый интенсивный способ записи звука. На правом отрезке плотность затемнения

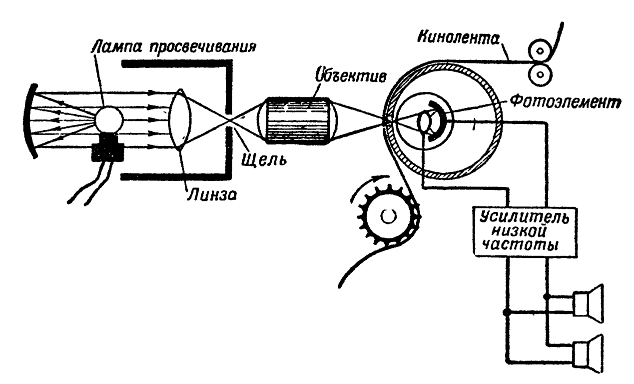


Рис. 307. Схема воспроизведения звука в кинотеатре.

звуковой дорожки изменяется по ширине. Это поперечный (трансверсальный) способ записи звука.

В кино звук воспроизводят с помощью фотоэлемента (рис. 307). В кинопроекторе имеется так называемая лампа просвечивания, создающая поток света постоянной силы. Линза собирает лучи от лампы в пучок, ярко освещающий узкую щель. Пройдя щель и объектив, узкая полоска света «пронизывает» звуковую дорожку и попадает на фотоэлемент. В цепи фотоэлемента получаются электрические колебания звуковой частоты, которые усиливаются и при помощи громкоговорителей, установленных в зале, преобразуются в звук.

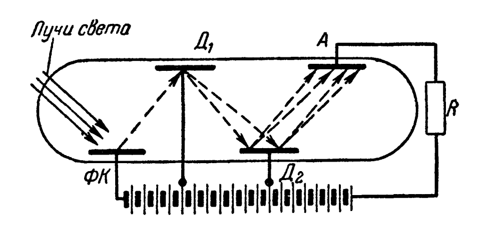


Рис. 308. Схема фотоэлектронного умножителя.

Оптические способы записи звука на кинопленку были разработаны П. Г. Тагером, А. Ф. Шориным, В. Д. Охотниковым и другими советскими учеными и инженерами. Сейчас оптическая запись звука стала вытесняться магнитной — как в магнитофонах.

Фотоэлемент — родоначальник фотоэлектронного умножителя. Этот прибор, обозначаемый сокращенно ФЭУ, помимо фотокатода и анода, имеет несколько дополнительных пластин-электродов, именуемых динодами (рис. 308).

На диноды $Д_1$ и $Д_2$ подаются разные положительные напряжения по отношению к фотокатоду *ФК*. Электроны, выбитые светом

с поверхности фотокатода, под влиянием положительного напряжения ближайшего к нему динода $Д_1$ летят к нему и, ударяясь о его поверхность, выбивают из него вторичные электроны. Динод $Д_2$ имеет более высокое положительное напряжение, чем $Д_1$, поэтому вторичные электроны устремляются к диноду $Д_2$ и каждый из них опять выбивает с поверхности этого динода по нескольку электронов. В итоге на анод $А$, имеющий еще более высокое положительное напряжение, попадает во много раз больше электронов, чем на первый динод.

Если световой поток, падающий на фотокатод фотоэлектронного умножителя, изменяется со звуковой частотой, на его нагрузке возникает значительно бóльшая переменная составляющая напряжения, чем на нагрузочном резисторе обычного фотоэлемента.

Фотоэлектронные умножители помогли ученым измерить яркость далеких звезд, сделать ряд открытий в области ядерной физики.

Фотоэлементы, о которых мы сейчас рассказали, а также подобные им приборы относятся к группе фотоэлементов с внешним фотоэффектом. Называют их так потому, что у них электроны под действием света вылетают из катодов в окружающее их пространство.

ФОТОЭЛЕМЕНТЫ С ВНУТРЕННИМ ФОТОЭФФЕКТОМ

Другая группа фотоэлементов — приборы с внутренним фотоэффектом. Это фоторезисторы, фототранзисторы и фотодиоды.

Фоторезистор (рис. 309), именовавшийся прежде фотосопротивлением, представляет собой тонкий слой полупроводника, нанесенный на стеклянную или кварцевую пластинку, запрессованную в круглый, овальный или прямоугольный пластмассовый корпус небольших размеров. Полупроводниковый слой с двух сторон имеет контакты для включения его в электрическую цепь.

Электропроводность слоя полупроводника изменяется в зависимости от его освещенности. Чем сильнее он освещен, тем меньше его сопротивление и, следовательно, больше ток, который через него проходит. Таким образом, этот прибор под действием света, падающего на него, также может быть использован для автоматического включения и выключения различных механизмов.

Фототранзисторы — фотоэлементы, основой которых служат транзисторы. Любой транзистор может быть превращен в фототранзистор. Дело в том, что у транзистора ток коллектора сильно зависит от освещенности коллекторного перехода. Чтобы в этом убедиться, надо осторожно спилить верхнюю часть корпуса и, подключив к транзистору источник постоянного тока, осветить его (рис. 310). Если в коллекторную цепь включить миллиамперметр, он при сильном освещении кристалла транзистора покажет

коллекторный ток, возрастающий до нескольких миллиампер. Это свойство транзисторов, аналогичное свойствам фотоэлементов с внутренним фотоэффектом, широко используется радиолюбителями-экспериментаторами в самодельных приборах-автоматах.

Чем мощнее такие фотоэлементы и сильнее источники света, тем значительнее изменения коллекторных токов, тем эффективнее работа приборов. У транзистора типа П201, например, при освещении его кристалла электролампой мощностью 75—100 *вт* коллекторный ток возрастает до 1 *а* и больше. Такой ток достаточен для питания, например, электромоторчика «Пионер», начинающего автоматически работать при освещении фототранзистора.

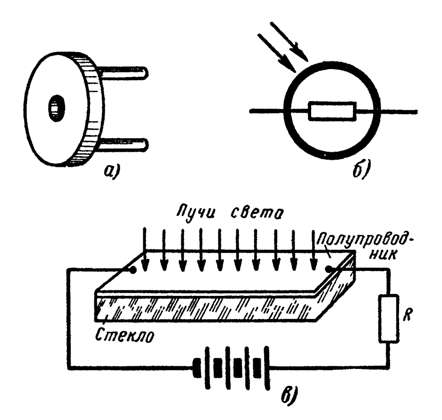


Рис. 309. Внешний вид (*а*), схематическое обозначение (*б*), устройство и включение (*в*) фоторезистора.

Фототранзистор будет использован нами в одной из схем фотореле.

Фотодиод, именуемый также ф о т о э л е м е н т о м с з а п и р а ю щ и м с л о е м, напоминает плоскостной полупроводниковый диод (рис. 311). На пластинку из кремния с электронной проводимостью наплавлен тонкий слой бора. Проникая в кремний, атомы бора создают зону, обладающую дырочной электропроводимостью. Между ними получается электронно-дырочный переход. Снизу на слой *n*-типа нанесен сравнительно толстый контактный слой металла. Поверхность слоя *p*-типа покрыта тончайшей почти прозрачной пленкой металла, являющейся контактом этого слоя.

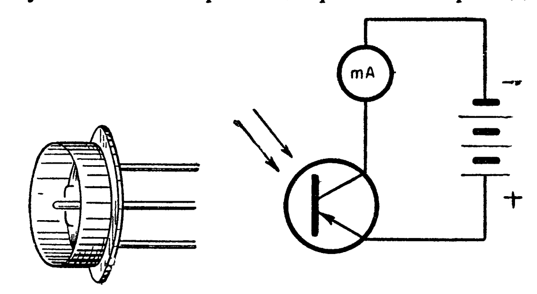


Рис. 310. Фототранзистор и схема включения его.

Пока фотоэлемент не подвергается световому облучению, запирающий слой препятствует взаимному обмену электронов и дырок между слоями *p* и *n*. При облучении свет проникает сквозь прозрачную пленку в слой *p* и выбивает из него электроны. Освобожденные электроны переходят в слой *n* и там нейтрализуют дырки. В результате верхний электрод заряжается положительно, а нижний — отрицательно. Если к этим электродам присоединить нагрузку, то через нее потечет

постоянный ток. Следовательно, фотодиод является прибором, в котором световая энергия превращается непосредственно в электрическую.

Ты, вероятно, видел, а может быть, и сам имеешь фотоэкспонометр для определения выдержки при фотосъемке. Важнейшей частью этого прибора является кремниевый фотодиод. К нему подключен чувствительный гальванометр, по отклонению стрелки которого и определяют освещенность снимаемого предмета.

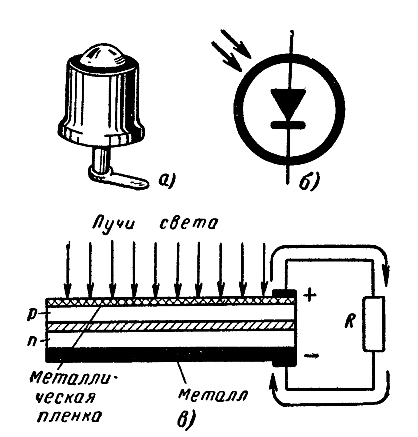


Рис. 311. Внешний вид (*а*) обозначения на схемах (*б*), устройство и схема включения (*в*) фотодиода.

Фотодиод, имеющий поверхность 1 *см*^{2}, при прямом солнечном

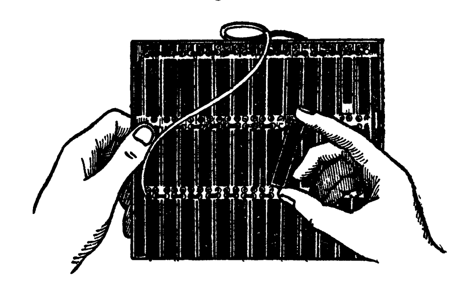


Рис. 312. Фотобатарея.

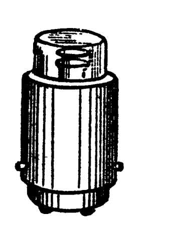
освещении может дать ток порядка 20—25 *ма* при напряжении около 0,5 *в*. Но ведь фотодиоды, как и гальванические элементы, можно соединять в батареи, чтобы получать большие напряжения и токи. Внешний вид такой батареи показан на рис. 312. Примерно так устроены и солнечные батареи, устанавливаемые на космических кораблях для питания аппаратуры.

Перспективы применения фотодиодов очень и очень заманчивы. В жарких южных районах, например, где обилие солнечного света, от фотобатарей с большими площадями можно получать огромные количества электроэнергии. Из них можно даже делать кровли домов. Днем под действием света они будут заряжать аккумуляторы, а по вечерам накопленная электроэнергия будет использоваться для освещения.

НЕОНОВАЯ ЛАМПА

О неоновой лампе мы однажды упоминали. Этот прибор является разновидностью электронных ламп и широко используется в различных схемах сигнализации, для электрических измерений, в автоматических устройствах.

Неоновая лампа — диод. Два ее электрода — катод и анод — размещены внутри стеклянного баллона, наполненного газом неоном (рис. 313). Отсюда и название лампы «неоновая». Она обладает свойством светиться красноватым светом при некотором вполне определенном напряжении, называемом напряжением зажигания.



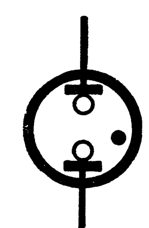


Рис. 313. Неоновая лампа: слева — внешний вид, справа — обозначение на схемах.

Неоновые лампы типа МН-3, например, начинают светиться при напряжении 65 *в*, МН-6 — при напряжении 90 *в*, потребляя при этом токи не больше 1 *ма*. При меньших напряжениях они не светятся.

Неоновые лампы — универсальные приборы. Они используются в электронных тахометрах для отсчета времени, в качестве индикаторов напряжений, в звуковых генераторах, предназначенных, например, для изучения приема на слух телеграфной азбуки, и во многих других приборах и устройствах.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

Наиболее важным элементом многих электронных приборов-автоматов является, пожалуй, электромагнитное реле — электромеханический прибор, управляющий каким-либо другим прибором или механизмом.

Электромагнитное реле (рис. 314) представляет собой стержень из «мягкого» железа — сердечник, на который насажена катушка, содержащая большое число витков изолированного провода. На Г-образном корпусе реле удерживается якорь — полоска тоже «мягкого» железа, согнутая под тупым углом. На корпусе же укреплены пружины с контактами, замыкающими и размыкающими цепь питания исполнительного механизма, например сигнальной лампочки накаливания.

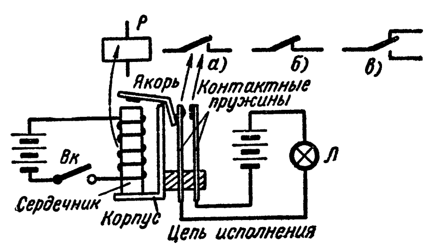


Рис. 314. Устройство, включение и схематическое обозначение электромагнитного реле.

Пока ток через обмотку реле не идет, якорь под действием контактных пружин находится на некотором расстоянии от сердечника реле. Как только в обмотке реле появляется ток, его магнитное поле намагничивает сердечник, который притягивает якорь. В этот момент другой конец якоря надавливает на контактные пружины и замыкает исполнительную цепь. Прекращается ток

в обмотке — исчезает магнитное поле, размагничивается сердечник и контактные пружины, выпрямляясь и разрывая цепь исполнения, возвращают якорь реле в исходное положение.

В зависимости от конструктивных особенностей контактных пружин различают реле с нормально разомкнутыми, нормально замкнутыми и перекидными контактами.

Нормально разомкнутым называют реле, у которого при отсутствии тока в обмотке контакты цепи управления разомкнуты, а при токе в обмотке они замыкаются (рис. 314, *а*).

У реле с нормально замкнутыми контактами, наоборот, при отсутствии тока в обмотке контакты замкнуты, а при срабатывании реле они размыкаются (рис. 314, *б*).

Реле третьей группы имеют три контактные пружины (рис. 314,*в*). Средняя, связанная с якорем и при отсутствии тока замкнутая с одной из крайних контактных пружин, при срабатывании реле перекидывается на другую крайнюю пружину и замыкается с нею.

Большинство реле имеет не одну, а несколько групп контактных пружин, позволяющих с помощью импульсов тока управлять на расстоянии несколькими цепями исполнения одновременно, что и используется в автоматике и телемеханике.

ФОТОРЕЛЕ

Ток фотоэлемента, изменяющийся под действием света в его цепи, обычно мал. Но если этот ток усилить электронными лампами или транзисторами, а на выход усилителя включить электромагнитное реле, то получится ф о т о р е л е — устройство, позволяющее при изменении силы света, падающего на фотоэлемент, управлять различными другими приборами или механизмами. Блок-схема такого устройства и графики токов, иллюстрирующие его работу, изображены на рис. 315.

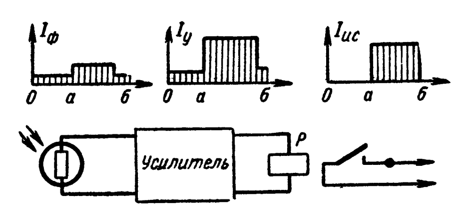


Рис. 315. Блок-схема фотореле.

Допустим, что фоторезистор, а на его месте может быть любой фотоэлемент, затенен, например закрыт рукой. В это время (на графиках — участки *0а*) ток цепи фотоэлемента $I_ф$ и ток усилителя $I_у$ малы, а ток исполнительной цепи $I_{ис}$ вообще отсутствует, так как контакты реле разомкнуты. Если теперь открыть фотоэлемент или направить на него пучок света, токи фотоэлемента и усилителя резко увеличатся (на графиках — участки *аб*), мгновенно сработает электромагнитное реле и включит механизм цепи исполнения. Стоит опять затенить фотоэлемент, и тут же разомкнется (или переключится) цепь исполнения.

Главное в работе фотореле — перепад тока, заставляющий срабатывать электромагнитное реле. При этом в зависимости от выбранной схемы усилителя электромагнитное реле может срабатывать не при освещенном, а наоборот, при затененном фотоэлементе. Итог же один — свет, падающий на фотоэлемент, управляет цепью исполнительного механизма, которым могут быть электродвигатель, система освещения, приборы и многое другое.

Несколько примеров использования фотореле в народном хозяйстве мы иллюстрируем рисунками, помещенными на следующей странице. Вверху слева ты видишь транспортер, при помощи которого продукция завода переправляется на склад готовых изделий. Для счета изделий с одной стороны транспортера установлено фотореле, а с другой — осветитель. Всякий раз, когда изделие перекрывает пучок света, якорь фотореле приводит в действие «собачку» и она поворачивает храповик счетчика. В типографиях фотореле считают пачки газет и книг, на кондитерских фабриках — пачки печенья, коробки шоколада, баночки с леденцами.

При помощи фотоэлемента можно контролировать качество шлифовки изделий. Такого «браковщика» ты видишь на правом верхнем рисунке. Осветитель установлен так, что его пучок света отражается поверхностью изделия и падает на фотореле. Хорошо отшлифованная поверхность изделия отбрасывает на фотоэлемент больше света, чем плохо отшлифованная. В первом случае величина фототока больше, чем во втором. Это отмечает прибор-браковщик. Фотореле может даже дать «команду» другому механизму, который «снимет» бракованную деталь с транспортера.

Посмотри на средний рисунок. Перед гаражом установлены фотореле и осветитель. Как только к воротам гаража подходит автомобиль, он пересекает пучок света. Фотореле, фиксируя появление автомобиля, дает «команду» исполнительному механизму, открывающему ворота гаража. Пройдя ворота, автомобиль пересекает пучок света, направленный на другое фотореле, которое дает «команду» механизму, закрывающему ворота.

На бумагоделательных машинах необходимо контролировать целость бумажной полосы. И здесь роль контролера может выполнять фотореле (рисунок внизу слева). В момент обрыва бумаги свет попадает на фотореле, и оно останавливает машину или подает тревожный сигнал мастеру.

Имеются приборы, автоматически включающие и выключающие освещение улиц, цехов заводов, бакены на реках и каналах. Один из таких приборов ты видишь на нижнем правом рисунке. Фотоэлемент соединен с реле, включающим и выключающим освещение. Вечером, когда освещенность падает до определенного предела, фототок уменьшается и реле включает лампы освещения. Утром, когда становится светло, реле выключает их.

Фотореле могут сигнализировать о возникновении пожара в помещении, где нет людей, и одновременно включать противо-

пожарные средства. Их устанавливают перед мощными механическими молотами — при пересечении пучка света рукой движение молота прекращается. Фотореле регулируют уровни жидкостей

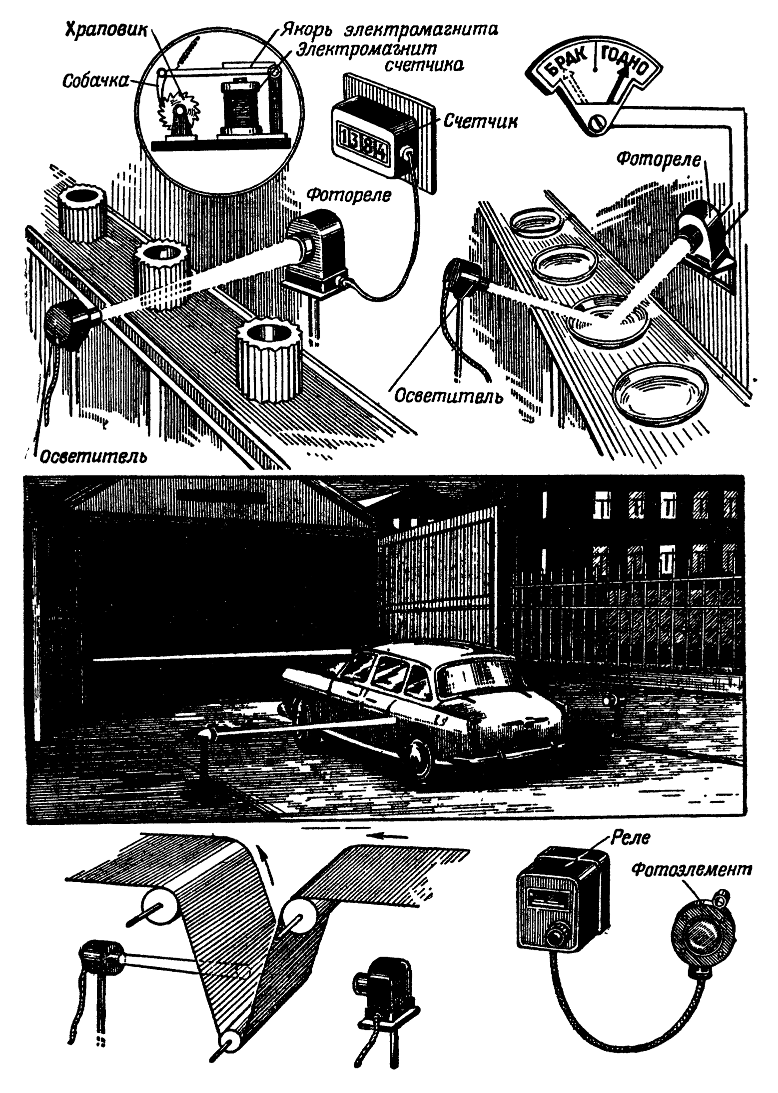


Рис. 316. Некоторые примеры применения фотореле.

в котлах и сосудах, определяют прозрачность воды, контролируют густоту дыма в трубах. Фотореле широко применяют там, где надо облегчить труд человека, сделать его более производительным.

ТЕЛЕМЕХАНИКА

Первая часть этого слова — «теле» — греческое слово, означающее по-русски «далеко». А когда мы говорим «далеко», мы имеем в виду большое расстояние. Значит, «телемеханика» — управление механизмами на расстоянии.

Наиболее знакомая тебе телемеханическая система — электрический звонок. Нажимая кнопку, являющуюся своеобразным датчиком, управляющим электрической цепью, ты на расстоянии управляешь электрическим звонком.

А как работает автоматическая телефонная станция — АТС? Набирая нужный номер, ты посылаешь по проводам на станцию серии электрических импульсов, которые с помощью реле и так

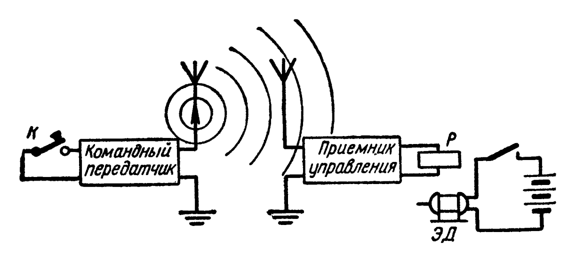


Рис. 317. Блок-схема простейшего управления механизмами по радио.

называемых шаговых распределителей соединяют тебя с телефонным аппаратом собеседника. Здесь автоматика сочетается с телемеханикой, а каналом связи служат провода.

Видел ты, как работает машинист подъемного крана? Перед ним — пульт управления с кнопками и приборами. Нажимая кнопки, он включает разные электродвигатели, которые приводят в действие различные механизмы. И в этом телемеханическом сооружении каналом связи служат провода.

Каналом связи может быть пучок света, направленный на фотоэлемент или фоторезистор управляемого механизма. Им может быть звук, ультразвук. Да, юный друг, звуком тоже можно управлять механизмами, о чем мы тебе еще расскажем, но на небольшом расстоянии. На большом расстоянии лучше всего действует радиоканал. С помощью радиоволн можно управлять, например, трактором, автомобилем, самолетом. Космические корабли без космонавтов на борту управляются только по радио. Эта область радиоэлектроники называется *радиотелемеханикой*.

Сущность радиотелемеханики заключается в том, что передатчик командного пункта посылает короткие или продолжительные импульсы радиоволн — сигналы, которые при помощи приемника и реле, имеющихся на управляемом объекте, автоматически включают и выключают различные механизмы его.

Блок-схема техники управления радиосигналами показана на рис. 317. Здесь командный передатчик, представляющий собой генератор тока высокой частоты, включается и выключается телеграфным ключом или кнопкой *К*. Продолжительность работы передатчика — длительность высокочастотного импульса определяются временем нажатия на ключ.

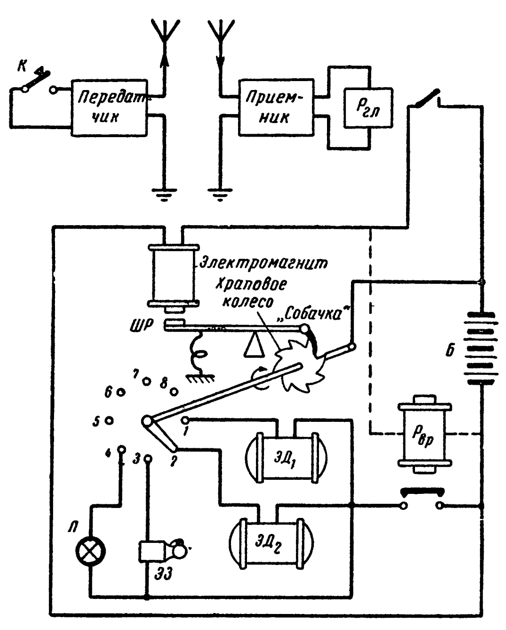


Рис. 318. Схема многокомандного радиотелеуправления.

Приемник управляемого объекта настроен на частоту командного передатчика. На его выходе имеется реле *Р*, включающее цепь питания исполнительного механизма, в нашем примере — электродвигатель *ЭД*. Когда командный передатчик не излучает радиоволн, ток на выходе приемника отсутствует или весьма мал — цепь питания электродвигателя разомкнута. При нажатии ключа на выходе приемника появляется значительный ток, реле срабатывает и замыкает контакты цепи питания электродвигателя. Электродвигатель может повернуть руль лодки или штурвальное колесо корабля, изменить положение рулей высоты или поворота самолета и т. п. Если прекратить нажатие на ключ, антенна передатчика прекратит излучение и реле приемника разорвет цепь питания электродвигателя.

Если управляемый объект должен выполнять несколько команд, нужна и многокомандная аппаратура радиотелеуправления. Одна из возможных схем многокомандного радиотелеуправления показана на рис. 318. На выходе приемника имеется «главное» реле $Р_{гл}$, которое включает цепь питания катушки электромагнита шагового распределителя *ШР*. Якорь электромагнита шагового распределителя *ШР* представляет собой рычаг, качающийся на опоре. На конце, противоположном сердечнику электромагнита, якорь имеет «собачку», упирающуюся в косые зубцы храпового колеса. При приеме сигнала сердечник электромагнита притягивает конец якоря, а «собачка» якоря, нажимая на зубец, поворачивает храповое колесо. Когда сигнал прекращается и ток через обмотку шаго-

вого распределителя исчезает, якорь под действием пружины отходит от сердечника, а «собачка», скользя по косому зубцу, попадает во впадину следующего зубца. При каждом радиоимпульсе храповое колесо поворачивается на один зубец.

Храповое колесо жестко скреплено с осью, на которой имеется ползунок, скользящий по контактам электрических цепей исполнительных механизмов. При каждом радиосигнале ползунок шагового распределителя переходит с контакта на контакт — делает один шаг. При остановке ползунка на контакте *1* включается электродвигатель $ЭД_1$, на контакте *2* — электродвигатель $ЭД_2$, на контакте *3* — электрический звонок *ЭЗ*, на контакте *4* — лампочка *Л* и т. д. Число контактов и зубцов храпового колеса одинаково. Сколько контактов в распределителе, столько же команд может выполнять управляемый по радио объект.

Схема содержит еще одно реле — р е л е в р е м е н и $Р_{вр}$, цепь питания которого показана пунктиром. Особенность такого реле заключается в том, что его контакты замыкаются спустя некоторое время после включения тока на его обмотку. А если через обмотку реле времени пройдет очень короткий импульс тока, его контакты вообще не успеют замкнуться и не включат ни один из исполнительных механизмов.

Необходимость в применении реле времени вызвана тем, что ползунок шагового распределителя может переходить только последовательно с контакта на контакт. Чтобы ползунок переместился, например, с контакта *8* на контакт *3* и включил звонок, нужно послать с командного пункта три очереди радиоволн: при первом сигнале ползунок встанет на контакт *1*, при втором — на контакт *2* и только после следующего, третьего, сигнала ползунок установится на контакте *3* и включит звонок. Чтобы не действовали механизмы, подключенные к промежуточным контактам, которые работать не должны, в схему вводится реле времени.

Ток на обмотку реле времени подается одновременно с включением тока на обмотку шагового распределителя. При коротких сигналах, когда ползунок шагового распределителя скользит по контактам, реле времени не замыкает цепь питания исполнительных механизмов. Только после того как будет послан очередной продолжительный сигнал и ползунок остановится на одном из контактов распределителя, реле времени замкнет цепь присоединенного к нему механизма. Таким образом, для подачи необходимой команды нужно только знать число импульсов, которые требуется послать радиоуправляемому объекту.

Числа высокочастотных импульсов, посылаемых передатчиком, — это импульсный у с л о в н ы й к о д, с помощью которого зашифровываются («засекречиваются») команды. Эти зашифрованные команды, принятые управляемым объектом, расшифровываются шаговым распределителем. В нашем примере, следовательно, телеграфный ключ, которым подаются команды, является

кодирующим устройством, или шифратором, а шаговый распределитель — декодирующим устройством, или дешифратором. Линия связи одна, а каналов, выполняющих команды, может быть много.

Сейчас, особенно среди любителей строить радиоуправляемые модели кораблей, автомобилей, самолетов, широко используется многоканальная аппаратура, при которой высокочастотная энергия, излучаемая командным передатчиком, модулируется разными по частоте звуковыми колебаниями электрического тока. При таком виде кодирования каждой команде соответствует свой звуковой тон модуляции.

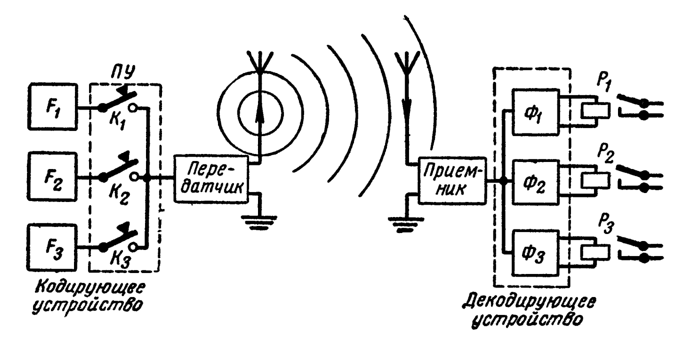


Рис. 319. Блок-схема многоканальной аппаратуры радиоуправления с кодированием колебаниями звуковой частоты.

Блок-схема такой аппаратуры радиоуправления показана на рис. 319. Принцип ее работы сводится к следующему. Командный передатчик имеет несколько генераторов звуковых частот: F_1, F_2, F_3 и т. д., выполняющих роль кодирующего устройства. Нажимая ту или иную кнопку на пульте управления *ПУ*, мы имеем возможность подключать к передатчику любой из звуковых генераторов. В результате излучаемая передатчиком высокочастотная энергия модулируется соответствующей звуковой частотой. Если нужно передавать две команды, к передатчику подключаются одновременно два звуковых генератора.

Приемная аппаратура имеет фильтры $Ф_1$, $Ф_2$, $Ф_3$ и т. д., представляющие собой контуры из катушек индуктивности и конденсаторов, которые настроены в резонанс с частотами звуковых генераторов кодирующего устройства командного передатчика. Каждый из них подобно приемнику с фиксированной настройкой выделяет звуковой сигнал только той частоты, на которую он настроен. При этом срабатывает соответствующее ему реле, включая связанную с ним цепь исполнительного механизма.

Автоматика и телемеханика стали сейчас важнейшими рычагами ускоренного технического прогресса в нашей стране. На их

основе создаются автоматические и полуавтоматические поточные линии, станки и сельскохозяйственные машины с дистанционным и программным управлением, заводы-автоматы, повышающие техническую культуру и производительность труда миллионов советских людей.

Получше познакомиться с элементами этих областей радиоэлектроники, освоить их тебе помогут автоматические и телемеханические приборы и устройства, которые мы будем рекомендовать в следующих беседах. Но они потребуют от тебя и более высокой технической культуры.

○

О ТЕХНИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И МАТЕМАТИКЕ ТРАНЗИСТОРНЫХ СХЕМ

Удобное рабочее место, использование в работе удобных приспособлений, инструментов, измерительных и современных приемно-усилительных приборов, умение читать схемы, знание сущности действия и назначения каждой детали схемы, расчет элементов схемы, рациональный, компактный, качественный и красивый монтаж — все это и кое-что другое характеризуют уровень технической культуры творчества радиолюбителя.

На первых порах, когда ты был начинающим радиолюбителем, не имел опыта, ты многое делал «на ощупь», подчас ошибаясь, заблуждаясь, не утруждая себя еще и еще раз прочитать нужные страницы этой или другой популярной книги, учебника. Да и измерительные приборы были совсем простыми — в основном только первой необходимости. Чаще всего ты достигал цели. А иногда ничего не получалось. Тогда ты распаивал схему и снова, случалось с повторением прежних ошибок, собирал ее. Усидчивость, старание и внимание награждались успехом — работал приемник, усилитель. Работал, хотя не всегда так, как мог бы. Но и это тебя устраивало.

Техническая культура была твоим постоянным спутником и тогда. Но автоматические и телемеханические устройства, о которых разговор пойдет в следующих беседах, потребуют от тебя более высокой технической культуры. Объясняется это прежде всего более высокими требованиями самих этих приборов, предъявляемыми ими к их конструкторам. Если ты недостаточно тщательно отладил приемник, он все же будет работать, хотя его избирательность и чувствительность могли бы быть лучше. Невелика беда, — скажешь ты. А если так произойдет с электронным автоматом или телемеханическим устройством? Они просто не будут действовать, например из-за недостаточного перепада токов для срабатывания реле. В аппаратуре радиоуправления одновременно действует несколько агрегатов, и ненадежная работа хотя бы одного из них пагубно скажется на всей системе управления.

Повышенные требования к технической культуре предъявляют и транзисторы, открывающие многие новые возможности, которых не могла дать ламповая техника: отпадает проблема электропитания, уменьшаются габариты и вес конструкций, и, что самое главное, повышается надежность работы аппаратуры. Вытесняя элек-

тронные лампы, транзисторы становятся главными усилительными элементами радиосхем. Но...

Вот для того чтобы поменьше было этих «но», мы и решили еще раз поговорить, только пошире и поглубже, о транзисторах и математике транзисторных схем. Эта беседа поможет тебе повторить эксперименты с простыми транзисторными приемниками и усилителями, чтобы улучшить их работу или собрать более сложные схемы. Она поможет тебе в конструировании приборов-автоматов и телемеханических устройств.

Итак, еще раз о транзисторах и немного о математике транзисторных схем.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ И ПАРАМЕТРЫ ТРАНЗИСТОРОВ

Поскольку транзистор имеет три электрода — эмиттер, базу и коллектор, для использования его в качестве усилителя напряжения или тока входной сигнал можно подавать на два любых электрода и с двух электродов снимать усиленный сигнал. При этом один из электродов обязательно будет общим. Он то и определяет название схемы включения транзистора: с общим эмиттером, с общим коллектором, с общей базой.

Схема с общим эмиттером (рис. 320) пользуется наибольшей популярностью среди радиолюбителей, так как при такой схеме транзисторный каскад дает 10—200-кратное усиление по напряжению ($K_u = 10 \div 200$) и 20—100-кратное усиление по току ($K_i = 20 \div 100$). Эта схема использовалась во всех приемниках и усилителях, которые ты собирал, и будет использоваться в тех конструкциях, которые ты будешь собирать.

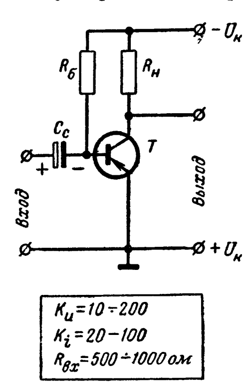


Рис. 320. Включение транзистора по схеме с общим эмиттером.

Недостаток схемы с общим эмиттером — малое входное сопротивление ($R_{вх} = 500 \div 1\,000$ *ом*), что усложняет согласование каскадов, собираемых по такой же схеме.

Схема с общим коллектором (рис. 321), называемая также эмиттерным повторителем, при усилении по напряжению, близком к единице ($K_u = 1$), обеспечивает усиление по току несколько большее ($K_i = \beta + 1$), чем схема с общим эмиттером ($K_i = \beta$). Имея достаточно большое входное сопротивление ($R_{вх} = 100 \div 500$ *ком*), эта схема чаще всего используется в качестве согласующего каскада, когда необходимо к каскаду с большим выходным сопротивлением подключить каскад с малым входным сопротивлением. Такую схему каскада ты уже использовал в некоторых про-

стых транзисторных приемниках и усилителях. И в будущем тебе придется с нею иметь дело.

Схема с общей базой (рис. 322) дает усиление по току меньше единицы, а усиление ее по напряжению такое же, как схемы с общим эмиттером. Из-за очень низкого входного сопротивления ($R_{вх} = 10 \div 50$ *ом*) она применяется радиолюбителями в основном лишь для генераторов высокочастотных колебаний, в сверхрегенеративных каскадах, где она имеет преимущества перед другими схемами. По такой схеме ты собирал преобразователь транзисторного супергетеродина. Такая схема будет использована в задающем генераторе передатчика и сверхрегенеративном каскаде приемника для радиоуправления моделями.

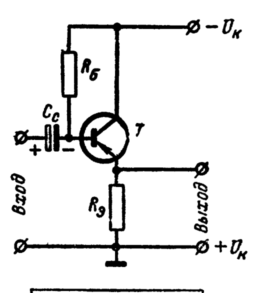


Рис. 321. Включение транзистора по схеме с общим коллектором.

Существует два основных режима работы транзисторов: режим усиления и режим переключения. Первый режим использовался тобой во всех предыдущих транзисторных конструкциях. Второй режим, характерный резкими изменениями коллекторного тока, будет использован в автоматических приборах и дешифраторах аппаратуры радиоуправления.

Основные параметры транзисторов независимо от использования их для работы в том или ином режиме измеряются при напряжении на коллекторе $U_к$ (рис. 323) не больше максимально допустимого для каждой группы транзисторов: для П13, П13Б, П14, П15 и П15А — не больше 15*в*, для П14А и П14Б — не больше 30 *в*, а для П401—П403А — не больше 10 *в*. Превышение этих напряжений ведет к порче транзисторов.

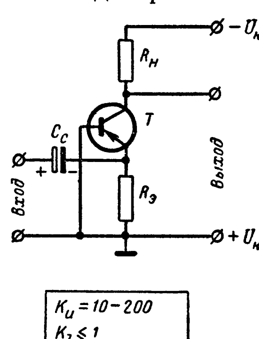


Рис. 322. Включение транзистора по схеме с общей базой.

Обратный ток коллектора $I_{к.о}$ измеряется по схеме на рис. 323, *а*. При этом цепь эмиттера разомкнута и ток эмиттера $I_э = 0$. У исправных транзисторов П13—П15 $I_{к.о}$ не должен превышать 30 *мка*, у транзисторов П401—10 *мка*, у транзисторов П402 — П403А 5 *мка*.

Начальный ток коллектора $I_{к.н}$ измеряется в схеме с общим эмиттером (рис. 323, *б*) при нулевом напряжении между базой и эмиттером (база соединена с эмиттером). У исправных транзисторов $I_{к.н}$ не должен превышать $I_{к.о}$.

Сквозной ток коллектора $I_{к.эо}$ измеряется в схеме с общим эмиттером при разомкнутой цепи базы (рис. 323, *в*), т. е. при токе

базы $I_б = 0$. Включение транзистора с оборванной базой является самым ненадежным и неустойчивым режимом и допускается лишь при измерении параметра $I_{к.эо}$. Но и в этом случае между базой и эмиттером рекомендуется включать резистор с сопротивлением 100 *ом* (на рис. 323, *в* показан пунктиром), что, во-первых, исключает пробой *p-n*-переходов и, во-вторых, приближает режим транзистора к условиям работы в реальных схемах.

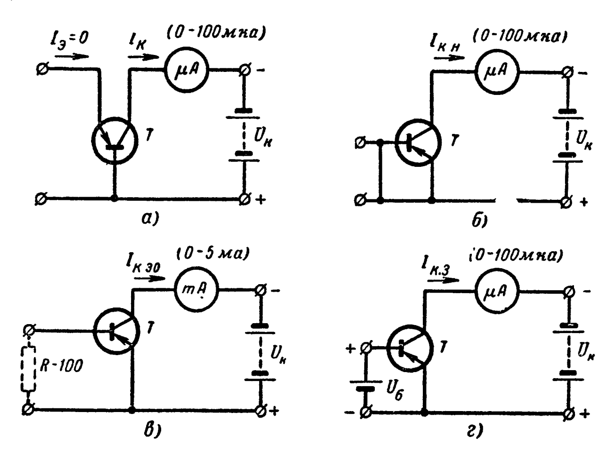


Рис. 323. Схемы измерения основных параметров транзисторов.

Коллекторный ток запертого транзистора $I_{к.з}$ измеряется в схеме с общим эмиттером (рис. 323, *г*) при включенной между базой и эмиттером батареей с напряжением $U_б$, создающей на базе положительное напряжение смещения. В этом случае транзистор заперт, так как ток $I_б$ ничтожно мал. Ток коллектора запертого транзистора всегда меньше начального тока коллектора $I_{к.н}$.

Максимальный ток коллектора $I_{к.макс}$ у транзисторов П13 — П15 может достигать 150 *ма*. На практике же ток коллектора $I_к$ не доводят до $I_{к.макс}$.

Коэффициент усиления транзистора по току β определяется как отношение прироста коллекторного тока $I_к$, вызванного соответствующим приращением тока базы $I_б$, по следующей формуле:

$$\beta = \frac{I_к}{I_б}.$$

Основные параметры транзисторов приведены в приложении 3. Каждый транзистор перед включением его в схему необходимо проверить по $I_{к.з}$, $I_{к.н}$, $I_{к.эо}$ и β. А для этого нужен более сложный измерительный прибор, чем тот, о котором мы рассказали в шестнадцатой беседе. И если хотя бы один из этих параметров не будет соответствовать тем данным, которые указаны в справочной таб-

лице, использовать такой транзистор в конструкциях не рекомендуем — он может подвести.

Говоря об измерении сквозного тока коллектора (по схеме на рис. 323, *в*), мы упомянули, что включение транзистора с разомкнутой базой является самым ненадежным и неустойчивым режимом. В этом случае наиболее вероятны пробой между коллектором и эмиттером и выход транзистора из строя. Особенно опасен этот режим для высокочастотных транзисторов (П401 — П403). Многие из них после такой проверки окажутся испорченными!

Чем объясняется это неприятное явление? При включении транзистора с оборванной базой часть напряжения батареи питания оказывается приложенной к эмиттерному *p*-*n*-переходу в направлении пропускания тока. Электрическое поле этого перехода воздействует на коллекторный *p*-*n*-переход, вызывая значительно больший обратный ток коллектора $I_{к.о}$, чем допускаемый. Этот ток и называют сквозным током коллектора $I_{к.эо}$.

Между токами $I_{к.о}$ и $I_{к.эо}$ существует следующая приближенная зависимость:

$$I_{к.эо} = I_{к.о}(\beta + 1).$$

Пользуясь ею, нетрудно решить такую задачу. Гарантируемое заводом максимальное значение обратного тока коллектора для транзистора типа П13 при напряжении между коллектором и эмиттером $U_{к.э} = 15$ *в* составляет 30 *мка*. Определить сквозной ток коллектора $I_{к.эо}$, если $\beta = 49$.

Решение:

$$I_{к.эо} = I_{к.о}(\beta + 1) = 30\,(49 + 1) = 1\,500 \text{ мка}.$$

Уже сам по себе такой сквозной ток коллектора достаточно велик, а при повышенной температуре окружающего воздуха он становится опасным для транзистора. Объясняется это температурной зависимостью обратного тока коллектора $I_{к.о}$: при повышении температуры корпуса транзистора на каждые 10° С ток $I_{к.о}$ увеличивается вдвое. Это явление легко наблюдать, если при проверке транзистора на него положить палец: у транзистора, нагретого до температуры пальца, ток $I_{к.о}$ увеличится в 2—4 раза!

Допустим, обратный ток коллектора $I_{к.о}$ при температуре +20° С не превышает 20 *мка*, а коэффициент усиления транзистора $\beta = 99$. Требуется определить сквозной ток коллектора при температуре +40° С.

Сначала узнаем величину обратного тока коллектора при повышении температуры с +20 до +40° С:

$$I_{к.о} = I_{к.о} \cdot 2 = 20 \cdot 2 \cdot 2 = 80 \text{ мка}.$$

Затем находим сквозной ток коллектора:

$$I_{к.эо} = I_{к.о}(\beta + 1) = 80\,(99 + 1) = 8\,000 \text{ мка, или } 8 \text{ ма}.$$

Такое сравнительно большое увеличение тока коллектора нежелательно по двум причинам:

во-первых, возрастание тока коллектора приводит к увеличению падения напряжения на коллекторной нагрузке; от этого напряжение между коллектором и эмиттером уменьшается и может упасть почти до нуля, а это приведет к тому, что транзистор перестанет управляться;

во-вторых, увеличение тока коллектора влечет за собой изменение параметров транзистора и в первую очередь уменьшение коэффициента усиления β.

Запомни: при изготовлении любой аппаратуры на транзисторах нельзя допускать, чтобы цепь базы транзистора оказалась разорванной по постоянному току.

А как ведет себя транзистор на холоде?

При отрицательных температурах его токи $I_{к.о}$, $I_{к.н}$, $I_{к.э0}$ и $I_{к.з}$ стабилизируются и заметно уменьшаются. Но при этом уменьшается и коэффициент усиления β. Так, например, при температуре —10° С значение β транзистора падает примерно в 2 раза по сравнению со значениями, снятыми при температуре +20° С.

ТРАНЗИСТОР В РЕЖИМЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

При работе в режиме переключения транзистор находится в одном из двух состояний: полностью заперт или, наоборот, полностью открыт. Когда транзистор заперт, через него и, следовательно, его нагрузку течет очень слабый ток $I_{к.з}$. В открытом состоянии (в режиме насыщения) через транзистор и его нагрузку течет значительный ток, величина которого определяется в основном напряжением источника питания схемы и сопротивлением нагрузки транзистора.

$I_к = I_б\beta$

Рис. 324. Транзистор, работающий по схеме переключения.

Для режима переключения рекомендуется использовать транзисторы П13—П15, включая их по схеме с общим эмиттером (рис. 324). В этом случае транзистор работает как усилитель тока и его ток коллектора $I_к$ определяется произведением тока базы $I_б$ на значение β:

$$I_к = I_б\beta.$$

Любой из транзисторов П13—П15, включенный по схеме на рис. 324, имеет проходное сопротивление коллектор—эмиттер в режиме насыщения $R_{к.э.нас}$ (транзистор открыт) около 1 *ом*, а в запертом состоянии $R_{к.э.з}$ составляет около 500 *ком*. Это означает, что при напряжении питания схемы $U_к = 9$ *в* и сопротивлении нагрузки $R_н = 1$ *ком* на транзисторе в открытом состоянии

будет падать напряжение меньше 0,01 *в*, а через запертый транзистор будет течь ток $I_{к.\,з}$ около 20 *мка*.

Пример. Требуется определить падение напряжения на транзисторе в режиме насыщения (в схеме на рис. 324), если $U_к = 9$ *в*, а $R_н = 1$ *ком*.

По закону Ома коллекторный ток транзистора в режиме насыщения равен:

$$I_{к.\,нас} = \frac{U_к}{R_н + R_{к.\,э.\,нас}} = \frac{9{,}0\ в \cdot 1\,000}{1\,000\ ом + 1\ ом} = 9\ ма.$$

Следовательно, падение напряжения на транзисторе $U_{к.\,э.\,нас}$ будет:

$$U_{к.\,э.\,нас} = I_{к.\,нас} R_{к.\,э.\,нас} = 9\ ма \cdot 1\ ом = 0{,}009\ в.$$

Еще пример. Для схемы на рис. 324 требуется найти коллекторный ток запертого транзистора $I_{к.\,з}$ при тех же значениях напряжения питания ($U_к = 9$ *в*) и сопротивления нагрузки ($R_н = 1$ *ком*).

Поскольку проходное сопротивление запертого транзистора типа П13—П15 порядка 500 *ком*, по закону Ома

$$I_{к.\,з} = \frac{U_к}{R_{к.\,э.\,з} + R_н} = \frac{9\ в \cdot 1\,000\,000}{500\,000\ ом + 1\,000\ ом} = 18\ мка.$$

Таким образом, когда транзистор полностью открыт, в цепи база — эмиттер должен протекать ток $I_{б.\,нас}$, уменьшающий проходное сопротивление $R_{к.\,э}$ до 1 *ом*. Когда транзистор заперт, он представляет собой очень большое сопротивление. При этом через цепь транзистор — нагрузка ток практически не течет, в то время как в цепи база — эмиттер ток $I_{б.\,з}$ протекает в обратном направлении (пунктирная стрелка на рис. 324). Величина запирающего тока базы $I_{б.\,з}$ должна быть не меньше $I_{к.\,о}$. В этом случае величина коллекторного тока запертого транзистора будет минимальной: не больше 25 *мка*.

Какими соображениями диктуется выбор сопротивления нагрузки $R_н$ в схеме с общим эмиттером?

В режиме насыщения проходное сопротивление коллектор — эмиттер транзисторов П13—П15 составляет не больше 1 *ом*. При этом коллекторный ток транзистора (по приложению 3) не должен превышать 150 *ма*. Значит, коллекторный ток открытого транзистора не должен быть больше 150 *ма*. Исходя из этого, минимальное значение сопротивления нагрузки $R_{н.\,мин}$ определяется из выражения

$$R_{н.\,мин} = \frac{U_к \cdot 1\,000}{150\ ма}\ ом.$$

Пример. Требуется найти минимальные значения сопротивлений нагрузки для схемы с заземленным эмиттером для двух значений напряжения питания схемы: $U_к = 4{,}5$ *в* и $U_к = 9$ *в*.

Пользуясь приведенной формулой, находим:

$$при\quad U_к = 4{,}5\ в\ R_{н.\,мин} = \frac{4{,}5\ в \cdot 1\,000}{150\ ма} = 30\ ом;$$

$$при\quad U_к = 9\ в\ R_{н.\,мин} = \frac{9\ в \cdot 1\,000}{150\ ма} = 60\ ом.$$

Но значение $R_{н.\,мин}$ должно выбираться не только из условия, чтобы ток $I_{к.\,нас}$ был меньше 150 *ма*, но также из условия удовле-

творения допустимой мощности рассеивания на транзисторе. Дело в том, что максимальная мощность, которая может рассеиваться коллектором транзисторов типа П13—П15, не должна превышать 150 *мвт*. В противном случае транзистор будет перегреваться и может произойти тепловой пробой — транзистор выйдет из строя.

Максимальная мощность на транзисторе будет рассеиваться, когда сопротивление коллектор — эмиттер будет равно сопротивлению нагрузки $R_н$.

Легко подсчитать, что мощность, рассеиваемая на транзисторе в режиме насыщения ($P_{нас}$), в предельном случае, когда сопротивление нагрузки минимально и через транзистор течет максимально допустимый ток, равна:

$$P_{нас} = I^2_{к.\,нас} R_{к.\,э.\,нас} = 0{,}15\,a \cdot 0{,}15\,a \cdot 1\ ом \cdot 1\,000 = 22{,}5\ мвт.$$

Мы получили значение мощности рассеивания на транзисторе, значительно меньшее допустимого. Так что тебя должен беспокоить не этот случай, а переходный режим работы транзистора, когда он из запертого состояния переходит в насыщение и его проходное сопротивление $R_{к.\,э}$ изменяется от 500 *ком* до 1 *ом*. Именно этот режим опасен, поскольку максимальная мощность в транзисторе будет выделяться, когда его проходное сопротивление $R_{к.\,э}$ будет равно сопротивлению нагрузки.

В нашем случае, при равенстве сопротивлений нагрузки и проходного сопротивления транзистора, на транзисторе, как и на нагрузке, будет падать половина напряжения питания схемы. Значит,

при

$$U_к = 4{,}5\ в \quad и \quad R_н = R_{к.\,э} = 30\ ом$$

$$P_{тр.\,мак} = \frac{\left(\frac{U_к}{2}\right)^2}{R_н} = \frac{(2{,}25)^2\ в \cdot 1\,000}{30\ ом} = 166\ мвт;$$

при

$$U_к = 9\ в \quad и \quad R_н = R_{к.\,э} = 60\ ом$$

$$P_{тр.\,мак} = \frac{\left(\frac{U_к}{2}\right)}{R_н} = \frac{(4{,}5)^2\,в \cdot 1\,000}{60\ ом} = 337\ мвт.$$

Оба полученных результата недопустимы, так как максимальные мощности, рассеиваемые на транзисторах типов П13—П15, не должны превышать 150 *мвт*. Поэтому минимальное значение сопротивления нагрузки нужно определять из условия

$$R_{н.\,мин} = \frac{\left(\frac{U_к}{2}\right)^2}{150\ мвт}.$$

Пример. Требуется найти минимальные значения сопротивлений нагрузки схемы с заземленным эмиттером при двух значениях питающего напряжения: $U_к = 4{,}5\,в$ и $U_к = 9\,в$, а затем проверить токи коллекторной цепи.

Для $U_к = 4{,}5$ *в* имеем:

$$R_{н.\,мин} = \frac{\left(\frac{U_к}{2}\right)^2}{150\ мвт} = \frac{(2{,}25)^2 \cdot 1\,000}{150} = 33\ ом;$$

$$I_{к.\,нас} = \frac{U_к}{R_н + R_{к.\,э.\,нас}} = \frac{4{,}5\ в \cdot 1\,000}{33\ ом + 1\ ом} = 137\ ма.$$

Для $U_к = 9$ *в*:

$$R_{н.\,мин} = \frac{\left(\frac{U_к}{2}\right)^2}{150\ мвт} = \frac{(4{,}5)^2 \cdot 1\,000}{150} = 137\ ом;$$

$$I_{к.\,нас} = \frac{U_к}{R_н + R_{к.\,э.\,нас}} = \frac{9в \cdot 1\,000}{137\ ом + 1\ ом} = 65\ ма.$$

Теперь, пользуясь схемой на рис. 325, рассмотрим, каким должен быть ток базы $I_б$, чтобы ввести транзистор в насыщение, т. е. полностью открыть его.

Поскольку в схеме с общим эмиттером транзистор усиливает ток базы в β раз, решив обратную задачу, легко понять, что ток базы $I_б$ должен быть в β раз меньше тока коллектора $I_к$. Отсюда находим, что ток базы, необходимый для отпирания транзистора, равен:

$$I_{б.\,нас} = \frac{I_{к.\,нас}}{\beta}.$$

Чтобы быть уверенным, что транзистор открыт полностью, рабочий ток базы $I_{б.\,раб}$ берут в 1,5—2 раза больше расчетного тока $I_{б.\,нас}$. Работа ведется с перегрузкой в 1,5—2 раза, так что

$$I_{б.\,раб} = I_{б.\,нас} K_б,$$

где $K_б$ — коэффициент перегрузки по базе, равный 1,5—2.

Таким образом, ток базы, необходимый для отпирания транзистора в схеме с заземленным эмиттером, рассчитывается по формуле

$$I_{б.\,раб} = \frac{U_к K_б}{\beta R_н},$$

так как $\frac{U_к}{R_н} = I_{к.\,нас}$.

Отсюда сопротивление резистора $R_б$ (в схемах на рис. 325) для режима насыщения определяется из условия

$$R_б = \frac{U_к}{I_{б.\,раб}} = \frac{R_н \beta}{K_б}.$$

Сопротивление цепи база — эмиттер $R_{б.\,э}$ открытого транзистора значительно меньше сопротивления $R_б$ и им можно пренебречь. Пример расчета сопротивления $R_б$ для режима насыщения транзистора будет дан при расчете схемы мультивибратора.

Чтобы транзистор был закрыт, его включают по схеме на рис. 326. В этом случае через его цепь база — эмиттер должен протекать обратный ток базы $I_{б.з}$, равный обратному току коллектора $I_{к.о}$.

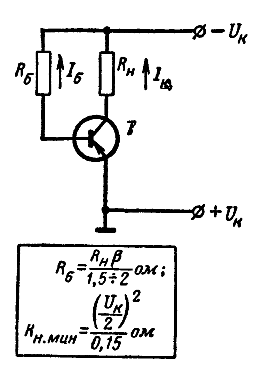


Рис. 325. Схема, иллюстрирующая работу транзистора в режиме переключения.

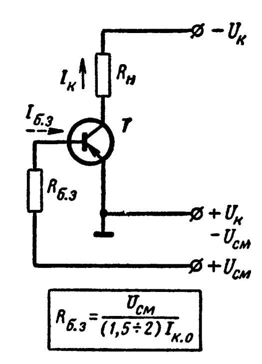


Рис. 326. Схема включения транзистора в режиме запирания.

Рабочий обратный ток базы берется в 1,5—2 раза больше расчетного тока $I_{б.з}$. Исходя из этого, сопротивление резистора смещения $R_{б.з}$ рассчитывается по формуле

$$R_{б.з} = \frac{U_{см}}{(1,5 \div 2) I_{к.о}}; \; U_{см} = 1,5 \; в.$$

В качестве источника напряжения смещения берется один элемент.

ТРАНЗИСТОР В РЕЖИМЕ УСИЛЕНИЯ

На рис. 327, *а* приведена хорошо знакомая тебе схема транзисторного усилителя с общим эмиттером. Для нормальной работы схемы следует правильно выбрать режим транзистора и в первую очередь его рабочую точку. В ламповом усилителе рабочая точка выбирается на середине анодно-сеточной характеристики лампы, для чего на сетку подается напряжение смещения, равное половине запирающего напряжения. Рабочая точка в транзисторном усилителе применительно к нашим схемам должна выбираться из условия, что коллекторный ток $I_к$ при отсутствии входного сигнала равен половине тока насыщения, т. е.

$$I_{к.раб} = \frac{I_{к.нас}}{2}.$$

Такой режим работы транзистора исключает ограничение по выходу усиливаемого сигнала до значений, равных половине напря-

жения источника питания. При этом сопротивление резистора $R_б$ должно удовлетворять условию

$$R_б = \frac{U_к}{I_{б.\,раб}} = \frac{U_к\beta}{I_{к.\,раб}} = \frac{U_к\,\beta\cdot 2}{I_{к.\,нас}} = 2R_н\beta.$$

Правильность определения сопротивления резистора $R_б$ можно проверить, подключив на выход усилителя высокоомный вольтметр постоянного напряжения. Если рабочая точка выбрана правильно, то вольтметр должен показывать напряжение, равное половине $U_к$.

Усилитель, собранный по схеме на рис. 327, *а*, при $R_н = 2 \div 10$ *ком* и $U_к = 4 \div 10$ *в* обеспечивает усиление по напряжению

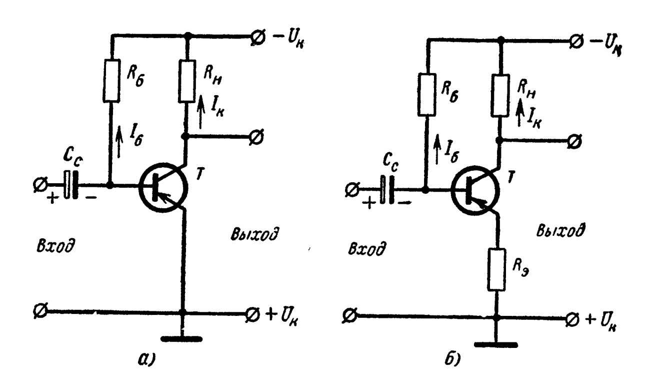


Рис. 327. Схемы включения транзистора для работы в режиме усиления.

в пределах 50—100. Недостаток этого усилителя — малое входное сопротивление ($R_{вх\,0} = 500 \div 1\,000$ *ом*), что сильно шунтирует выход предыдущего каскада, резко уменьшая общее усиление схемы.

Для увеличения входного сопротивления схемы в эмиттерную цепь транзистора включается резистор $R_э$, как показано на рис. 327, *б*. При этом входное сопротивление каскада равно

$$R_{вх} = R_{вх\,0} + R_э\beta, \text{ ом},$$

но коэффициент усиления каскада значительно уменьшается.

На рис. 328 приведены экспериментально полученные кривые зависимостей коэффициента усиления каскада, собранного по схеме на рис. 327, *б*, и его входного сопротивления от $R_э$ при $U_к = 9$ *в*. Из графиков видно, что при $R_н = 10$ *ком* и $R_э = 500$ *ом* входное сопротивление каскада увеличивается с 500 *ом* до 15 *ком*, а усиление падает до 18. В этом эксперименте использовались транзисторы типов П13—П15 с $\beta = 50$.

Сопротивление $R_э$ не только увеличивает входное сопротивление, но за счет отрицательной обратной связи и стабилизирует рабочую точку транзистора при изменении окружающей температуры. Мы уже говорили, что коллекторный ток транзистора сильно зависит от температуры, увеличиваясь примерно в 2 раза при повышении температуры на каждые 10° С. Поэтому вопросу температурной стабилизации транзисторных усилителей, особенно используемых в аппаратуре телеуправления, следует уделять особое внимание.

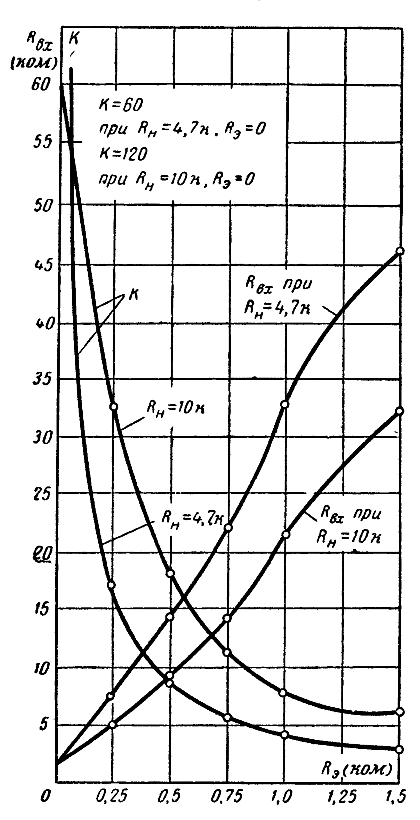


Рис. 328. Графики, иллюстрирующие зависимость коэффициента усиления каскада и его входного сопротивления от эмиттерного резистора.

Для температурной стабилизации каскадов приемников мы рекомендуем резистор базы подключить к резистору нагрузки транзистора, как показано на рис. 329, *а*. В этом случае при увеличении тока коллектора с повышением окружающей температуры одновременно увеличивается падение напряжения на нагрузке $R_н$. В результате уменьшаются напряжение между коллектором и эмиттером и ток базы, что вызывает уменьшение коллекторного тока, обеспечивая стабилизацию рабочей точки транзистора. Схема на рис. 329, *б* за счет включения ячейки $R_э C_э$ обеспечивает температурную стабилизацию коллекторного тока, не уменьшая коэффициента усиления каскада.

Широкое применение в аппаратуре радиоуправления моделями получила двухкаскадная схема усилителя с непосредственной связью между транзисторами (рис. 330, *а*). За счет отрицательной обратной связи, охватывающей оба транзистора ($R_{св}$), схема стабильно работает при изменении окружающей температуры от — 10 до + 40° С и обеспечивает общий коэффициент усиления порядка 500.

Коэффициент усиления по напряжению эмиттерного повторителя (рис. 330, *б*) за счет 100-процентной отрицательной обратной связи близок к единице и почти не зависит от параметров транзисторов. Входное сопротивление такого каскада равно $R_{вх} = R_э\beta$

и может быть получено в пределах 100—500 *ком*. Режим работы схемы эмиттерного повторителя по постоянному току устанавли-

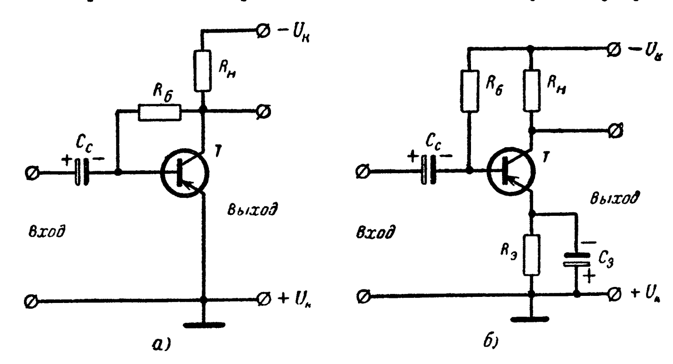


Рис. 329. Каскады усиления с температурной стабилизацией.

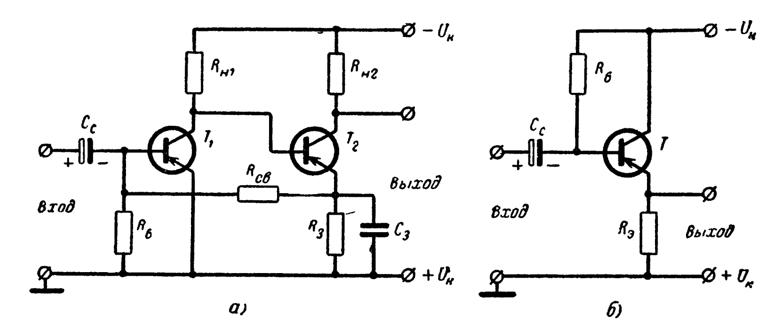


Рис. 330. Схемы усилителей с отрицательной обратной связью.

вается за счет резистора $R_б$. При этом падение напряжения на сопротивлении $R_э$ при отсутствии входного сигнала должно быть равно половине $U_к$.

* * *

В основе всех расчетов, приведенных здесь применительно к транзисторным схемам, лежит закон Ома для участка цепи. Постарайся разобраться в этих расчетах и хорошо усвоить их. А если потребуется освежить в памяти закон Ома, почитай еще раз нашу беседу «Экскурсия в электротехнику» и соответствующий раздел школьного учебника физики.

ЭЛЕКТРОННАЯ АВТОМАТИКА ДОМА И В ШКОЛЕ

Однажды на занятии радиокружка мы попросили ребят вспомнить и назвать автоматически действующие устройства и приборы, с которыми им приходится иметь дело дома, в быту. Любые: тепловые, механические, электрические, электронные. Поначалу кое-кто даже растерялся: автоматы на заводах — понятно, а дома? Но это было только временное замешательство.

Назвали массу вещей и систем, содержащих элементы автоматики: авторучка, часы, центральное отопление, водопроводный вентиль, электрохолодильник, сливной бачок туалетной комнаты, электросчетчик, электрозвонок, газовый счетчик, барометр, регулятор нагрева электроутюга, плавкий предохранитель электросети и многое другое. А если вспомнить детские игрушки-каталки с заводными и электрическими двигателями, игры-аттракционы? В них тоже есть автоматика. Еще больше автоматики мы увидим в школе, особенно в мастерских и физическом учебном кабинете.

А какие электронные автоматы, полезные для дома, школы, можно сделать своими руками? Вот об этом-то и пойдет разговор в этой беседе.

Но сначала несколько подробнее, чем в двадцать первой беседе, поговорим об электромагнитных реле, являющихся важнейшими элементами большей части электронных автоматов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

В зависимости от назначения электромагнитные реле имеют разные конструкции корпусов и якорей, пружинных контактов, различные данные обмоток. Но принцип работы всех реле одинаков: при некотором значении тока, протекающего через обмотку, реле срабатывает и его якорь, притягиваясь к намагниченному сердечнику, замыкает или размыкает контакты исполнительной цепи. Для автоматически действующих устройств, о которых речь пойдет в этой беседе, а также для аппаратуры телеуправления, которой будет посвящена следующая беседа, желательно использовать малогабаритные реле типа РЭС или РСМ (рис. 331). Можно, разумеется, применить и другие реле, например типов РПН, РКН,

в том числе и от устаревших конструкций телефонных станций, но они имеют несколько бо́льшие размеры, чем реле типа РЭС или РСМ.

Основной характеристикой реле является его чувствительность — мощность тока, потребляемая обмоткой, при которой реле срабатывает. Чем меньше эта электрическая мощность, необходимая для срабатывания реле, тем оно чувствительнее.

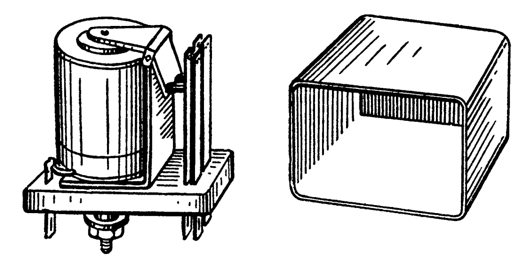


Рис. 331. Электромагнитное реле типа РСМ.

Обычно качество реле оценивают тем минимальным значением величины тока, при котором оно срабатывает. Если сравнить два реле, одно из которых срабатывает при токе, например, 20 *ма*, а второе при токе 10 *ма*, то второе реле считается более чувствительным, чем первое. Как правило, катушка более чувствительного реле содержит большее число витков и обладает более высоким сопротивлением постоянному току.

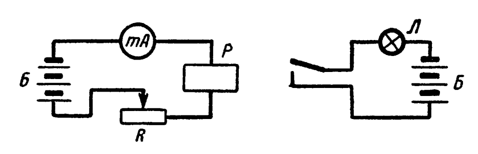


Рис. 332. Схема проверки электромагнитного реле.

Для наших целей нужны реле, надежно срабатывающие при токе 6—10 *ма* и напряжении батареи 3,5—5 *в*, что соответствует мощности 20—50 *мвт*. Сопротивление обмоток таких реле должно быть в пределах 200—700 *ом*. Этим требованиям отвечает, например, реле типа РЭС-10 с паспортом 302. Сопротивление обмотки этого реле 630 *ом*.

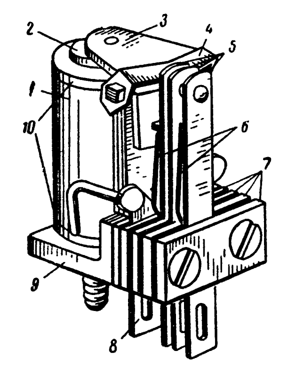
На рис. 332 показана схема, которой ты можешь воспользоваться для проверки чувствительности реле. Источники питания схемы — батарейки для карманного фонарика, переменный резистор *R* сопротивлением 1—1,5 *ком*, миллиамперметр со шкалой на ток 20—30 *ма*, сигнальная лампочка *Л* (индикатор) на напряжение 3,5 *в*. Изменяя сопротивление цепи резистором *R* и следя за показаниями миллиамперметра, легко определить токи, соответствующие моментам срабатывания и отпускания реле. Эти сведения облегчат и ускорят работу по налаживанию прибора-автомата.

У большинства реле якорь возвращается в исходное положение силой давления на него контактных пружин. Если пружины немного отогнуть, чтобы они слабее давили на якорь, то чувствительность реле несколько улучшится. Таким способом можно подгонять токи срабатывания и отпускания реле.

САМОДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ РЕЛЕ

За неимением готовых реле в электронных автоматах и аппаратуре телеуправления можно с таким же успехом использовать самодельные электромагнитные реле.

Внешний вид и чертежи деталей самодельного реле показаны на рис. 333. Его конструкция и размеры напоминают реле типа РСМ. Разница между ними заключается в основном лишь в креплении пружинных контактов: у реле РСМ они запрессованы в пластмассовое основание, а здесь они зажаты между изоляционными прокладками и крепятся винтами к корпусу реле — ярму.



Как и заводское, самодельное реле состоит из следующих основных деталей: катушки *1* с сердечником *2*, якоря *3* со скобой *4*, контактных пружин *5* со стопорными пластинами *6*, выводных пластинок *8*, ярма *9*.

Изготовление реле следует начинать с ярма *9* из хорошо отожженной листовой

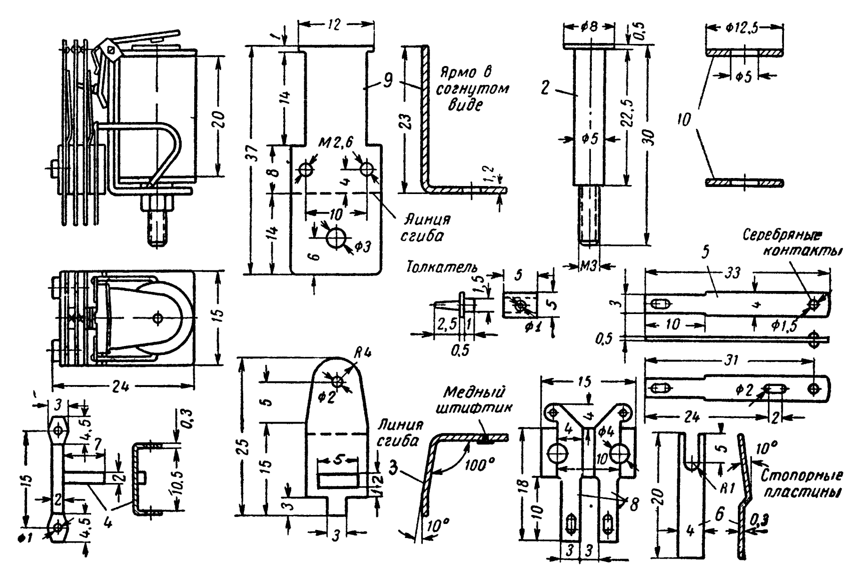


Рис. 333. Самодельное электромагнитное реле.

стали толщиной 1,2—1,5 *мм*. Сердечник *2* можно выточить из керна подходящего телефонного реле или мягкой, хорошо отожженной стали. Щечки *10* катушки вырезаются из любого

изоляционного материала, включая хорошо проклеенный картон толщиной 0,5—0,8 *мм*, и за счет трения крепятся на сердечнике, после чего внутренняя поверхность сердечника между щечками тщательно покрывается клеем БФ-2, который после высыхания становится хорошим изолятором и одновременно крепит щечки. Намотка катушки производится проводом ПЭ 0,1. Намотку нужно стараться производить виток к витку до заполнения катушки. Чем больше витков поместится на катушке, тем более четко будет работать реле. Сопротивление аккуратно намотанной катушки должно быть порядка 200—220 *ом*.

Якорь реле также изготавливается из мягкой листовой стали толщиной 1,2—1,5 *мм*. Чтобы предотвратить залипание якоря из-за остаточного магнетизма, в верхней части его согласно чертежу сверлится отверстие диаметром 1 *мм*, в которое вклепывается медный штифтик. Высота штифтика со стороны сердечника должна быть 0,1—0,2 *мм*. К нижней части якоря клеем БФ-2 приклеивается толкатель, сделанный из плексигласа.

Сборку реле необходимо производить строго по чертежу. Чем плотнее сердечник будет прилегать к ярму, тем меньше будут потери в магнитопроводе и тем чувствительнее будет реле. Ход якоря в собранном реле должен быть в пределах 0,5—0,75 *мм*, в то время как ход средней контактной пружины *5* в месте контакта должен быть равен около 1 *мм*. Выводами катушки реле служат латунные или жестяные пластинки *8*. Собранное реле должно надежно срабатывать от батареи с напряжением 4,0—4,5 *в* (одной батарейки для карманного фонарика).

Крепится реле на плате с помощью гайки, навертывающейся на «хвостовик» сердечника.

ЭЛЕКТРОННОЕ РЕЛЕ

Однако чувствительность электромагнитных реле, о которых мы здесь рассказали, мала, чтобы реагировать на изменения тока в цепи фотоэлемента, фоторезистора или иного датчика электрических сигналов. Только так называемые поляризованные реле, обладающие очень высокой чувствительностью, могут срабатывать при малых мощностях электрических сигналов.

Повышение чувствительности электромагнитных реле достигается с помощью транзисторных или ламповых усилителей электрических сигналов. Такие усилители в сочетании с электромагнитными реле называют электронными реле.

Простейшее электронное реле (рис. 334) представляет собой обычный однокаскадный (или двухкаскадный) усилитель, работающий в режиме переключения, на выход которого включено электромагнитное реле. В зависимости от полярности электрического сигнала, поданного на вход усилителя, транзистор запирается

(при положительном напряжении на базе) либо, наоборот, отпирается (при отрицательном напряжении на базе). Когда транзистор заперт, ток в цепи коллектора не превышает 20—25 *мка* ($I_{к.з}$), чего слишком мало для срабатывания реле. В это время контакты реле разомкнуты и исполнительная цепь не включена. Когда же транзистор отпирается, ток коллектора резко возрастает до значения, необходимого для срабатывания реле: включается исполнительная цепь.

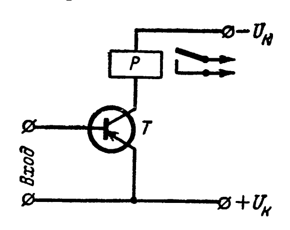


Рис. 334. Схема простейшего электронного реле.

Электронное реле — обязательный элемент подавляющего большинства чувствительных электронных автоматов, включающих и выключающих те или иные исполнительные механизмы. Электронное реле лежит и в основе большей части приборов, рекомендуемых в этой и следующей беседах.

Но есть электронные приборы-автоматы, содержащие в своих схемах усилители без электромагнитных реле. К их числу относится, например, электронный звонок.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗВОНОК

Что такое электрический звонок, ты, конечно, знаешь. А что же такое электронный звонок?

Принципиальная схема этого прибора приведена на рис. 335. Он представляет собой не что иное, как простой звуковой генератор с усилителем мощности, на выход которого включен громкоговоритель. Сам генератор собран на двух транзисторах: T_1 и T_2 по схеме мультивибратора — генератора сигналов прямоугольной формы (см. график на рис. 335 вверху слева). В усилителе мощности работает транзистор T_3.

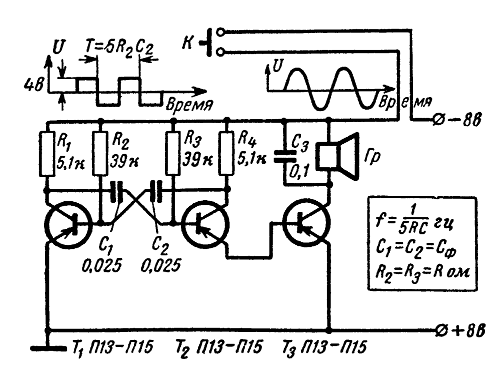


Рис. 335. Схема электронного звонка и графики, иллюстрирующие его работу.

Посмотри внимательно на схему. Каскады, собранные на транзисторах T_1 и T_2, представляют собой два обычных усилителя низкой частоты, причем выход второго усилителя через конденсатор C_2 соединен с входом первого. При такой схеме оба усилительных каскада охвачены положительной обрат-

ной связью. Если на такую схему подать питание, то она будет генерировать электрические колебания прямоугольной формы с частотой

$$f = \frac{1}{5RC} \text{ гц},$$

где $C_1 = C_2 = C$; $R_2 = R_3 = R$.

Амплитуда колебаний равна половине источника напряжения питания мультивибратора.

То, что мультивибратор генерирует сигнал прямоугольной формы, а не синусоидальной, для схемы электронного звонка не имеет значения. Во-первых, сигнал прямоугольной формы прослушивается как чистый тон, а, во-вторых, подключив параллельно обмотке громкоговорителя конденсатор C_3, ты получишь напряжение, достаточно близкое по форме к синусоидальной.

Если для звонка использовать трансляционный громкоговоритель, в его футляре разместится вся схема электронного звонка, смонтированная на плате. Туда же помести две батарейки для карманного фонарика.

Электронный звонок готов! Установи его в коридоре и двумя проводами соедини с кнопкой *К*. Нажми кнопку — громкоговоритель «звонит», отпусти — молчит. Так как питание на прибор подается только во время подачи звонков, то двух батареек вполне хватает на 2—3 мес. работы звонка.

Этот прибор с таким же успехом может быть использован для изучения и тренировки в приеме на слух телеграфной азбуки — азбуки Морзе. В этом случае надо только кнопку заменить телеграфным ключом. Тональность звука подбирается изменением емкостей конденсаторов C_1 и C_2 и сопротивлений резисторов R_2 и R_3.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ ЕЛОЧНЫХ ГИРЛЯНД

Переключатель елочных гирлянд, схема которого показана на рис. 336, служит для коммутации двух гирлянд ламп, включенных в сеть переменного напряжения. С тем чтобы не осложнять схемы, ее питают от двух батареек для карманного фонарика, соединенных последовательно. При желании можно питать схему от выпрямителя, который на выходе давал бы постоянное напряжение 10—15 *в*.

Схема переключателя очень схожа со схемой электронного звонка. Разница в том, что мультивибратор переключателя работает на частоте 0,25 *гц*, а нагрузкой усилителя мощности является обмотка электромагнитного реле *Р*. Реле имеет одну пару контактных пластин, работающих на переключение. Подойдет любое электромагнитное реле, надежно срабатывающее от напряжения 5—6 *в* при токе 20—50 *ма*. В схеме отлично будет работать и самодельное реле.

При включении схемы транзисторы T_1 и T_2 попеременно отпираются и запираются, генерируя сигнал прямоугольной формы. Когда транзистор T_2 отперт, отрицательное питающее напряжение через резистор R_4 и проходное сопротивление открытого транзистора прикладывается к базе транзистора T_3, вводя его в насыщение. При этом сопротивление коллектор — эмиттер T_3 уменьшается до 1 *ом* и все напряжение питания прикладывается к обмотке реле P — реле срабатывает.

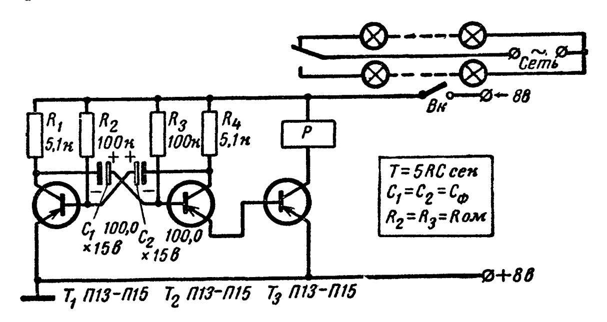


Рис. 336. Схема электронного переключателя.

В моменты времени, когда транзистор T_2 заперт, цепь питания базы транзистора T_3 разорвана, в результате чего он также заперт и через обмотку реле ток не течет.

Если ты пожелаешь изменить время переключения гирлянд, то изменяй емкости конденсаторов C_1 и C_2 соответственно формуле

$$T = 5RC \text{ сек.}$$

Данные резисторов R_2 и R_3 изменять не следует, иначе нарушится режим работы транзисторов по постоянному току.

Переключатель собирается на плате из гетинакса или другого изоляционного материала. Плата вместе с батареями питания помещается в коробку из фанеры.

Во время работы переключатель потребляет ток не больше 30 *ма*, так что энергии двух батареек для карманного фонарика вполне хватит на зимние каникулы.

ЭЛЕКТРОННОЕ РЕЛЕ ВРЕМЕНИ

Этот прибор служит для автоматического отсчета времени. Если, например, ты увлекаешься фотолюбительством, то можешь сделать прибор, который автоматически включал бы и выключал лампу фотоувеличителя. Такая автоматизация включения того или иного устройства на заданный промежуток времени обычно производится с помощью электронного реле времени.

Для того чтобы понять работу реле времени, собери схему, показанную на рис. 337. При ненажатой кнопке *К* вольтметр покажет отсутствие напряжения на обкладках конденсатора. Теперь нажми кнопку *К* и внимательно наблюдай за поведением стрелки вольтметра. Стрелка медленно начнет отклоняться от нуля и через несколько секунд остановится против деления, примерно соответствующего напряжению батареи. Измерительным прибором может быть любой вольтметр постоянного тока со шкалой 0—5 *в*.

Рис. 337. Схема, иллюстрирующая принцип работы реле времени.

Чтобы изменить время отклонения стрелки прибора, достаточно изменить данные конденсатора или резистора. Увеличишь, скажем, емкость конденсатора вдвое, стрелка будет в 2 раза медленнее отклоняться. Тот же эффект ты получишь, изменив сопротивление резистора.

А теперь подключи параллельно обкладкам конденсатора электронное реле — получится реле времени. При разомкнутых контак-

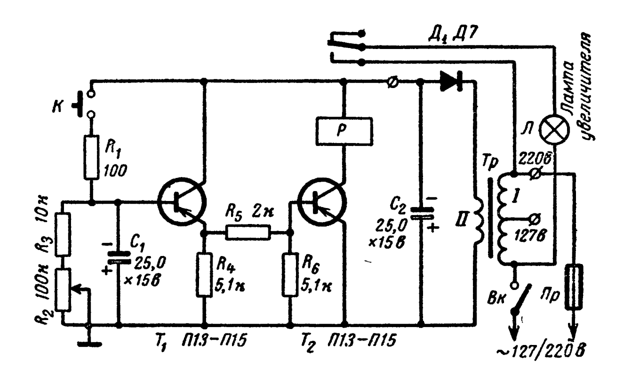


Рис. 338. Принципиальная схема реле времени.

тах кнопки *К* транзистор T_1 электронного реле заперт. После нажатия кнопки электронное реле через 1—2 *сек* должно сработать.

Практическая схема реле времени приведена на рис. 338. Транзисторы T_1 и T_2 работают в режиме электронного реле, обеспечивая надежное срабатывание реле *Р* при подаче на вход схемы 2 *в*.

Время выдержки в приведенной схеме определяется временем разряда конденсатора C_1 через суммарное сопротивление резисторов R_2 и R_3. Изменяя сопротивление резистора R_2, ты сможешь менять время выдержки от 0,1 до 5 *сек*.

Работает реле следующим образом. В исходном состоянии, когда контакты кнопки K разомкнуты, напряжение на конденсаторе C_1 равно нулю — транзистор T_2 заперт. Ток через обмотку электромагнитного реле практически не течет, и контакты, включающие лампу увеличителя $Л$, разомкнуты. При кратковременном нажатии кнопки K конденсатор C_1 почти мгновенно заряжается и тут же начинает медленно разряжаться через резисторы R_2 и R_3. Одновременно с момента нажатия кнопки до момента, когда конденсатор C_1 разрядится до напряжения 2 *в*, реле P останется включенным, замыкая своими контактами цепь питания лампы увеличителя.

Питание реле времени получает от сети переменного тока через выпрямитель, собранный на любом плоскостном диоде группы Д7. Конденсатор C_2 сглаживает переменную составляющую выпрямленного напряжения.

Трансформатор $Тр_1$ намотан на сердечнике из пластин Ш-16; толщина набора пластин 18 *мм*. Обмотка *I* состоит из 2 800 витков провода ПЭ 0,12. Для питания схемы от сети с напряжением 127 *в* сделай в этой обмотке отвод от 1 500-го витка. Обмотка *II* имеет 100 витков провода ПЭ 0,3. Данные всех остальных деталей приведены на схеме. После того как соберешь выпрямитель, замерь напряжение на C_2. Оно должно быть равно 8—10 *в*.

Электромагнитное реле тоже самодельное.

После того как реле времени собрано и ты убедился в исправной работе его, откалибруй резистор R_2. Калибровка сводится к тому, что для положений ручки переменного резистора через каждые 10—15° по хронометру определяется время включения реле. Полученные данные нанеси в виде шкалы вокруг ручки резистора, снабженной стрелкой-указателем.

ФОТОРЕЛЕ

Предлагаем три варианта реле с разными фотоэлектронными датчиками.

Схема первого варианта самодельного фотореле приведена на рис. 339. В нем в качестве фотоэлемента используется транзистор типа П13—П15. Верхняя часть корпуса транзистора осторожно спиливается лобзиком, а затем поверхность кристалла очищается от попавших на нее металлических опилок. Получается фототранзистор.

Значительно лучший результат получится, если фототранзистор сделать из более мощного транзистора, скажем П201 или П4.

Схема фотореле работает следующим образом. При освещении кристалла обратное сопротивление коллекторного перехода фототранзистора уменьшается, что ведет к возрастанию тока коллек-

тора. Этот ток усиливается транзистором T_2, и реле P, являющееся нагрузкой этого транзистора, срабатывает — включается цепь управления.

Вся регулировка схемы сводится к подбору резистора. Его сопротивление должно быть таким, чтобы при затемненном фототранзисторе через обмотку реле P тек ток 5—8 *ма*. Реле берется типа РСМ или РЭС с сопротивлением обмотки 200—700 *ом*.

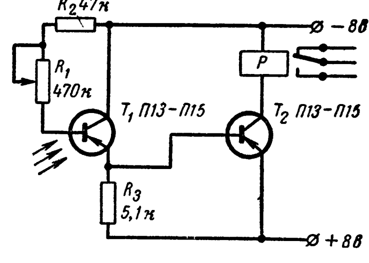


Рис. 339. Схема фотореле с фототранзистором.

Фотореле питается от двух батареек для карманного фонарика. Фотореле будет работать значительно лучше, если световой поток будет попадать на фототранзистор через небольшую линзу, в фокусе которой находится кристалл.

Схема второго варианта фотореле показана на рис. 340. Она отличается от схемы первого варианта в основном лишь тем, что фотоэлектронным датчиком служит фоторезистор.

Фоторезистор включен в цепь базы транзистора T_1 последовательно с резистором R_1, ограничивающим ток в этой цепи. Темновое сопротивление фоторезистора велико. Коллекторный ток транзистора в это время мал. При освещении фоторезистора сопротивление его резко уменьшается, что приводит к резкому увеличению тока в этой цепи. Возросший и усиленный двумя транзисторами фототок течет через обмотку электромагнитного реле P и заставляет его срабатывать — включается цепь управления.

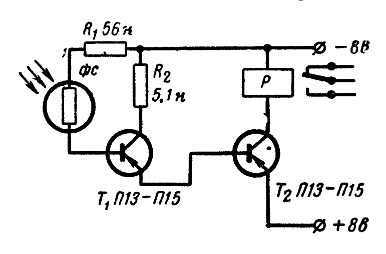


Рис. 340. Схема фотореле с фототранзистором.

Для фотореле надо использовать фоторезисторы ФС-К1, ФС-К2. Электромагнитное реле должно быть рассчитано на ток срабатывания 5—8 *ма* (сопротивление обмотки 200—400 *ом*).

Третий вариант фотореле — на электронной лампе с фотоэлементом (рис. 341). Питание — от сети переменного тока. Здесь лучевой тетрод 6П1П (можно 6П6С), включенный триодом, служит усилителем фототока. В анодную цепь лампы входят сетевая обмотка *I*, трансформатор питания *Тр* и обмотка электромагнитного реле *P*. При положительных полупериодах на верхнем конце обмотки *I*, а значит, и на аноде лампы, в этой цепи возникают импульсы выпрямленного тока, которые заряжают конденсатор *C*, подключенный параллельно обмотке реле. При отрицательных полупериодах на аноде лампы конденсатор разряжается через обмотку реле, поддер-

живая выпрямленный лампой ток. Следовательно, ток через обмотку реле не прекращается.

В цепь фотоэлемента входят обмотка *III* трансформатора питания и резистор *R*. Когда фотоэлемент освещен, при положительных полупериодах на его аноде в этой цепи идет фототок. Этот ток создает на резисторе *R* сравнительно большое напряжение, которое с отрицательным знаком поступает на сетку лампы 6П1П и запирает ее — анодный ток прекращается. В это время якорь реле *Р* не притягивается к сердечнику. Когда же фотоэлемент не освещен и в его цепи тока нет, нет напряжения и на резисторе *R*. В этом случае отрицательного напряжения на сетке нет, анодный ток лампы резко возрастает и контакты реле замыкают исполнительную цепь.

Очень важно, чтобы обмотка *III* трансформатора была включена так, чтобы в те моменты, когда на аноде лампы положительное напряжение, на аноде фотоэлемента также было положительное напряжение. В противном случае фотореле не будет работать. Правильное включение обмотки легко подобрать путем переключения ее выводов во время регулирования фотореле.

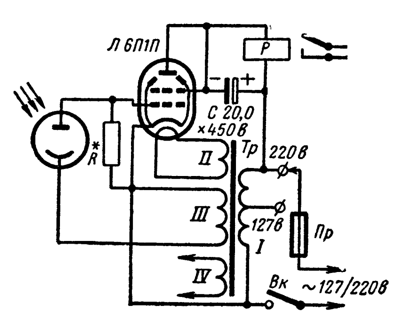


Рис. 341. Схема фотореле на электронной лампе.

Для питания фотореле подойдет любой трансформатор питания, повышающая обмотка которого дает напряжение 250—275 *в* (используется для питания фотоэлемента). Обмотку накала ламп можно использовать для питания лампы осветителя фотореле исполнительной цепи; если в последней должна загораться лампочка, включается моторчик или какой-либо другой прибор, рассчитанный на небольшое переменное напряжение.

Сопротивление резистора $R = 5 \div 20$ *Мом*. Фотоэлемент берется ЦГ-3. Электромагнитное реле может быть любого типа, срабатывающее при токе 10—30 *ма*.

Фотореле налаживай так. Замкни накоротко выводы фотоэлемента и включи трансформатор питания. После прогрева лампы якорь реле не должен притягиваться, что указывает на правильное включение обмотки *III* трансформатора. Если же якорь притянется, то поменяй местами концы этой обмотки. Затем удали проволочку, замыкающую выводы фотоэлемента. Если фотоэлемент не освещен, реле должно сработать.

Четкости срабатывания реле при перекрытии света (посторонний свет не должен попадать на фотоэлемент) добивайся подбором сопротивления резистора *R*. Всякий раз при любом пересечении света реле должно срабатывать, замыкая (или размыкая) контакты исполнительной цепи.

Четкость срабатывания любого из описанных здесь фотореле в значительной степени зависит от источника света, направленного на фотоэлемент, фоторезистор или фототранзистор. Наиболее эффективно фотореле будет работать, если осветитель дает узкий и яркий пучок света и направлен точно на фотоэлектронный датчик.

Осветитель можно сделать в виде металлической или картонной трубки длиной 120—220 и диаметром 28—30 *мм*. Внутри трубки на одном конце укрепи 6- или 12-вольтовую автомобильную лампочку, а на другом — собирательную линзу, например очковое

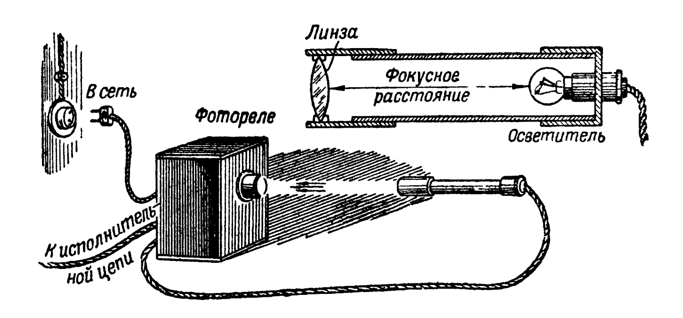


Рис. 342. Примерные конструкции фотореле и осветителя.

стекло, с фокусным расстоянием 110—120 *мм* (рис. 342). Взаимное положение линзы и лампочки в осветителе подбери опытным путем так, чтобы свет выходил из осветителя узким пучком.

Как использовать фотореле?

Его можно установить у входа в школу, чтобы оно включало светящуюся надпись «Добро пожаловать». Или смонтировать перед стенной газетой, чтобы автоматически включалось освещение, когда к ней подходят ребята. Фотореле с большим успехом можно демонстрировать на вечерах, посвященных технике. Оно является полезным учебно-наглядным пособием для физического кабинета школы.

АВТОМАТИКА АКВАРИУМА

Постоянство температуры воды в аквариуме — важнейшее условие для жизни его обитателей. Этого условия легко добиться, сделав прибор (термореле), схема которого изображена на рис. 343.

В качестве чувствительного элемента термореле используется транзистор T_1, правда в несколько необычном режиме.

Коллекторный ток транзистора, как тебе известно, сильно зависит от окружающей температуры. Особенно это касается сквозного тока, когда база транзистора ни с чем не соединена. В этом режиме сквозной ток $I_{к.э0}$ равен обратному току коллектора $I_{к.0}$,

умноженному на коэффициент усиления β, т.е.

$$I_{к. эо} = I_{к. о}(1 + \beta).$$

Обратный ток коллектора в свою очередь также очень зависит от температуры. При увеличении температуры на каждые 10° С обратный ток увеличивается в 2 раза. Вот это явление и используется в нашей схеме термореле.

Схема термореле состоит из четырехплечего моста, составленного из резисторов R_1, R_2, R_3 и R_4 и транзистора T_1. Проходное сопротивление этого транзистора является одним из плеч моста термореле. Мост питается от отдельного источника постоянного напряжения

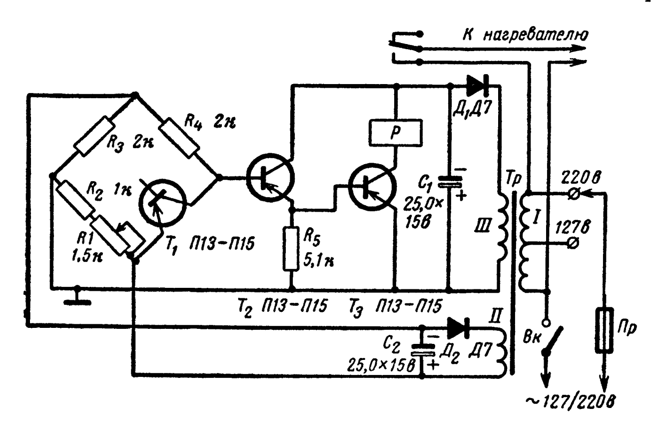


Рис. 343. Принципиальная схема термореле.

4—5 *в*. Переменный резистор R_1 служит для балансировки моста, т. е. для установки заданного номинала температуры. При этом ток, снимаемый с диагонали моста и подаваемый на схему электронного реле, должен быть равен нулю.

При температуре термодатчика, отличной от номинальной, мост разбалансирован и в его диагонали появляется некоторый ток. Ток разбалансировки моста подается на электронное реле, представляющее собой усилитель тока на двух транзисторах: T_2 и T_3. Нагрузкой транзистора T_3 служит обмотка электромагнитного реле *P*.

Данные схемы подобраны так, что при изменении температуры транзистора T_1 на 1—2° С срабатывает реле *P* и включает подогреватель, находящийся в аквариуме.

Транзистор T_1, выполняющий роль термодатчика, помещается в стеклянную пробирку и от него в схему идут два проводника в хлорвиниловой изоляции. Пробирка, закрытая пробкой, погружается в аквариум так, чтобы конец ее выходил из воды на 2—3 *см*. А чтобы температура транзистора T_1 была ближе к температуре воды, пробирка заполняется машинным маслом.

В качестве нагревателя можно использовать обычную электролампочку, мощность которой берется в зависимости от объема воды в аквариуме. Температура, на которую резистором R_1 устанавливается термомост, должна быть равна необходимой температуре воды в аквариуме.

Во всех случаях термореле удобно питать от электросети. Трансформатор *Тр* выпрямителя наматывается на сердечнике из пластин Ш-16. Толщина набора пластин 18 *мм*. Обмотка *I* — 2 800 витков провода ПЭ 0,12 с отводом от 1 500-го витка для включения трансформатора в электросеть с напряжением 127 *в*; обмотка *II* — 60 витков провода ПЭ 0,15; обмотка *III* — 120 витков провода ПЭ 0,3. В качестве электромагнитного реле *Р* используется любое реле с током срабатывания 20—50 *ма* и сопротивлением обмотки 200—300 *ом*.

Наладка термореле очень проста. В разрыв между обмоткой реле *Р* и «минусом» провода питания включи миллиамперметр со шкалой 0—50 *ма*. Вращая ручку переменного резистора R_1, добейся по прибору отсутствия тока в обмотке реле — транзистор T_3 будет заперт. Опусти термодатчик в стакан с холодной водой — через 10—15 *сек* реле должно сработать и включить нагреватель.

МОДЕЛЬ КИБЕРНЕТИЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

Рассмотри внимательно схему на рис. 344. Левая часть схемы — два фотореле с общим усилителем тока, на выход которого включено электромагнитное реле P_1. Правая часть схемы — реле времени с электромагнитным реле P_2. Вместе они образуют схему аппаратуры самоуправляемой модели автомобиля — кибернетической.

Модель действует следующим образом. В передней части модели автомобиля — фара. Она освещает предметы, находящиеся спереди. По бокам от фары установлены два фотодатчика. Если перед движущейся вперед моделью оказывается препятствие в виде светлой стены (лист белой бумаги), отраженный от нее свет попадает на один из транзисторных фотодатчиков (T_1, T_2), в результате чего срабатывает электромагнитное реле P_1, включенное в цепь коллектора транзистора T_3. При этом контакты реле P_1 включают реле времени, собранное на транзисторах T_3 и T_4.

На модели автомобиля имеются два электромоторчика. От моторчика M_1 через редуктор осуществляется движение модели вперед или назад. От моторчика M_2, также через редуктор, работает рулевая машинка, изменяющая положение переднего моста модели. Таким образом, модель может двигаться по прямой или делать развороты.

Когда модель находится на значительном расстоянии от «стены», она движется по прямой. За 10—20 *см* до «стены» срабатывает фотореле, а от него — реле времени с выдержкой 3—5 *сек*. При этом, как видно из схемы на рис. 344, моторчик M_1 меняет направление

вращения задней оси и модель движется назад. Одновременно моторчик M_2 отклоняет руль поворота, и модель делает разворот.

Через 3—5 *сек* реле времени возвращается в свое исходное состояние, в результате чего модель снова движется по прямой вперед. Таким образом, модель как бы сама обходит препятствия, встречающиеся на ее пути в виде стены.

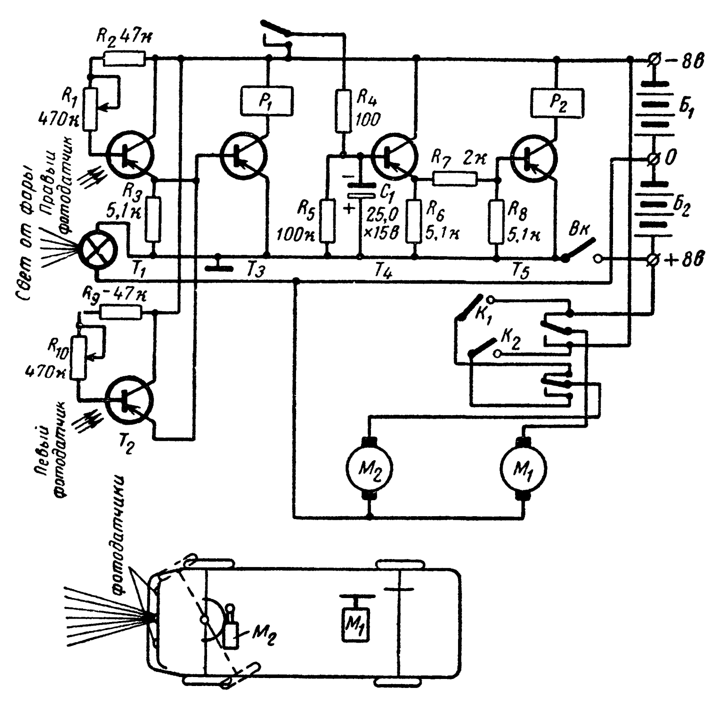


Рис. 344. Схема аппаратуры и механика модели кибернетического автомобиля.

Рулевая машинка должна иметь два концевых выключателя (на рис. 344 — K_1 и K_2), чтобы ограничивать поворот модели на угол не больше 30—40°, а при отпускании реле P_2 возвращать руль строго в исходное положение.

Фототранзисторы желательно снабдить линзами, так чтобы их кристаллы находились точно в фокусе. Прямой свет от фары модели не должен попадать на фототранзисторы.

* *
*

В этой беседе мы познакомили тебя лишь с принципом работы и некоторыми видами использования электронных переключателей и реле в автоматически действующих приборах и устройствах.

Что же касается компоновки и монтажа деталей, габаритов и внешнего оформления той или иной конструкции, то с этими задачами, полагаем, ты справишься и без нашей помощи. Ведь ты уже не новичок в таких делах. Были задачи и посложнее.

Подумай: как еще можно использовать электронные переключатели и реле в быту, в школе?

Разговор об элементах электронной автоматики будет продолжен в следующей беседе, но применительно к телемеханическим моделям.

ТЕЛЕМЕХАНИКА МОДЕЛЕЙ

Предлагаем тебе два варианта телемеханического управления моделями: звуком и по радио.

Первый вариант доступен каждому опытному радиолюбителю, а мы считаем тебя уже опытным, даже если тебе нет 16 лет. Вторым вариантом можешь воспользоваться только в том случае, если тебе исполнилось 16 лет или если ты занимаешься в радиокружке, которым руководит старший товарищ, на кого может быть оформлено разрешение на пользование передатчиком.

Для управления моделями по радио Министерством связи СССР отведен тот же диапазон метровых волн, что и для любительских станций: 28,0—29,7 *Мгц*. Разрешенная мощность передатчика не больше 10 *вт*. Но для надежного управления моделями вполне достаточна мощность передатчика 0,25—0,5 *вт*.

Лучше будет, если в этой работе ты объединишься с товарищем, увлекающимся постройкой автомобильных, дорожно-строительных, плавающих или летающих моделей. Он будет конструктором модели, а ты — конструктором аппаратуры телеуправления. И на соревнованиях будете выступать вместе, потому что работа ваша будет коллективной.

Но мы должны тебя предупредить: телемеханическая аппаратура сложнее радиовещательных приемников. Для ее налаживания потребуются дополнительные приборы; некоторые из них придется делать самому.

МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЕТСЯ ЗВУКОМ

Передатчиком управления моделью на расстоянии может служить, как это не странно, самая обыкновенная детская дудочка (рис. 345). Она, как ты знаешь, имеет отверстия. Когда мы закрываем пальцами одни отверстия и открываем другие, дудочка, как флейта, создает звуки разных частот. Звук одной частоты — команда, другой частоты — вторая команда, третьей частоты — третья команда.

Впрочем, «передатчиком» могут быть и свистки с разной тональностью звуков.

На управляемой модели имеется микрофон, преобразующий звуковые сигналы в колебания тока низкой частоты. После усиления колебания низкой частоты поступают на входы электрических фильтров $Ф_1$ — $Ф_3$ звуковых частот, на выходы которых включены чувствительные электромагнитные реле $Р_1$ — $Р_3$. Если частота звукового сигнала близка к частоте одного из фильтров, например $Ф_1$, настроенного на эту частоту, сигнал проходит без потерь только через этот фильтр, вызывая срабатывание реле $Р_1$, а контакты реле включают цепь питания исполнительного механизма. Через другие фильтры этот сигнал не проходит и их реле не срабатывает. Если частота командного сигнала другая, близкая, например, к собственной частоте фильтра $Ф_3$, то срабатывает реле $Р_3$. Таким образом, звуковыми сигналами разных частот можно заставить срабатывать одно из трех реле, а они включают исполнительные механизмы модели.

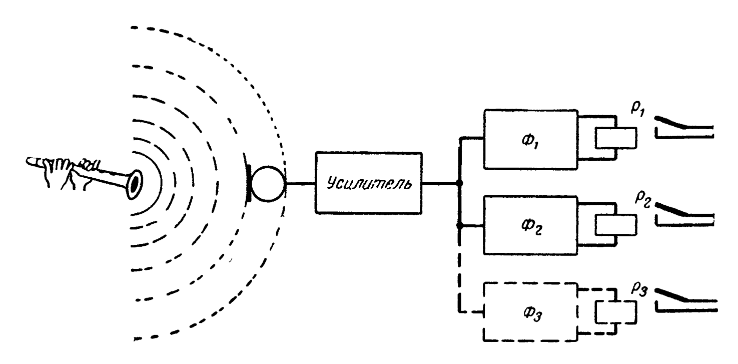


Рис. 345. Блок-схема управления моделью звуком.

Радиус действия передатчика (дудочки или свистков) ограничивается обычно 10—20 *м*, но этого вполне достаточно для управления простыми моделями автомобилей или кораблей. Однако если воспользоваться генератором звуковых частот, к выходу которого следует подключить электродинамический громкоговоритель, то такой передатчик будет излучать сигналы большей интенсивности, что значительно увеличит радиус действия аппаратуры. Генератор, кроме того, излучает более стабильные звуковые колебания, что повышает надежность работы аппаратуры в целом.

Число команд можно увеличить до 6—8. Для этого надо лишь добавить в приемнике соответствующее число фильтров и реле. Но мы советуем сделать сначала двухканальную аппаратуру, испытать ее на модели, а затем, если понадобится, добавить еще несколько фильтров для дополнительных команд.

Прежде всего надо решить вопрос: дудочку или свистки использовать для подачи команд? Дудочка, конечно, интереснее, но во время управления можно ошибиться: зажмешь не то отверстие,

и модель не выполнит нужной команды. Свистки в этом отношении надежнее: свистнул в свисток в правой руке — модель поворачивает направо, то же в левой — модель поворачивает налево.

Частоты звуковых команд. До того как строить приемник, определи звуковые частоты, которые излучают твои свистки, чтобы знать, на какие частоты придется настраивать фильтры приемника. Подойдут любые свистки, лишь бы их тона заметно различались по частоте. Для определения их частот потребуется звуковой генератор, например ЗГ-10 или самодельный, генерирующий звуковые колебания с частотой 500—5 000 *гц*. Описание самодельного генератора ты найдешь в двадцать седьмой беседе.

Подключив к выходу звукового генератора громкоговоритель, подай на него такое напряжение, чтобы звуки одного из свистков и громкоговорителя были одинаковыми по силе. Попроси товарища непрерывно свистеть, а ты, слушая звуки свистка и генератора, изменяй частоту генератора до тех пор, пока не будут прослушиваться звуковые биения — звук очень низкого тона. Положение указателя шкалы генератора будет соответствовать частоте звука свистка.

Точно так же определяй звуковую частоту второго свистка или звуковые частоты дудочки.

Для управления моделью нужны источники звуков, частоты которых различаются не менее чем на 250—300 *гц*, например 1 200 и 1 500, 1 300 и 2 000 *гц*, но не выходят за пределы диапазона 1 000—3 000 *гц*. Свистки, которыми располагали ребята, строившие описываемый в этой беседе приемник, излучали звуковые колебания с частотами 1 150 и 1 550 *гц*.

Приемник. Принципиальная схема приемника изображена на рис. 346. Это трехкаскадный транзисторный усилитель низкой частоты, на вход которого (зажимы *1* и *2*) подключен микрофон, а на выход — фильтры $Ф_1$ и $Ф_2$ (обведены пунктирными линиями), содержащие колебательные контуры, транзисторы и электромагнитные реле. Для питания приемника нужна батарея с напряжением 7—9 *в*, например «Крона» или составленная из двух батареек для карманного фонарика, которая подключается к зажимам *3* и *4*. Для цепей питания исполнительных механизмов используются самостоятельные источники тока.

При приеме микрофоном звуковых команд на его выходе (зажимы *1* и *2*) возникает электрический сигнал, напряжение которого уменьшается с увеличением расстояния до источника звука. Уже на расстоянии 15—20 *м* оно равно примерно 0,0001 *в* (100 *мкв*). А чтобы надежно срабатывали фильтры, на их входы нужно подавать сигнал напряжением около 3 *в*. Следовательно, входной сигнал должен быть усилен примерно в 30 000 раз (3 *в* : 0,0001 *в* = 30 000). Первые три каскада приемника, в которых работают транзисторы $Т_1$ — $Т_3$, вполне обеспечивают такое напряжение, так как каждый из них дает примерно 30—35-кратное усиление.

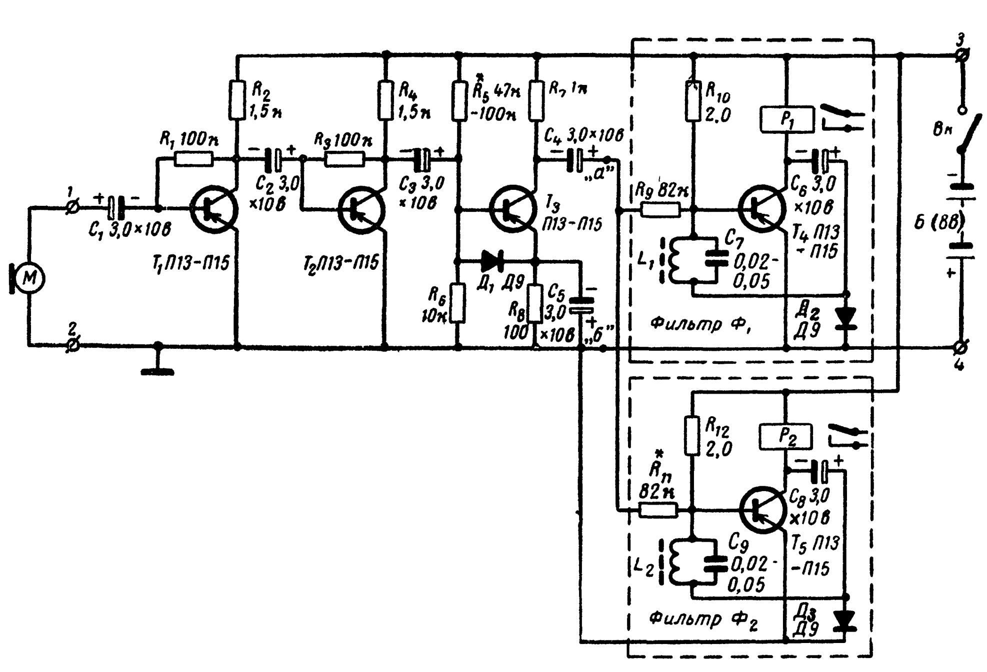


Рис. 346. Принципиальная схема двухканального приемника звукоуправляемой модели.

В третий каскад усилителя низкой частоты введен диод типа Д9 (может быть любой точечный диод), ограничивающий наибольшее выходное напряжение этого каскада. Дело в том, что по мере уменьшения расстояния от модели до источника звука напряжение на выходе микрофона быстро увеличивается и доходит до 0,05—0,1 *в*. Казалось бы, что при таком входном напряжении фильтры должны работать более надежно, на самом же деле увеличение командного сигнала приводит только к лишним хлопотам. Объясняется это тем, что при более высоком выходном напряжении усилителя могут срабатывать сразу несколько фильтров и их реле. Кроме того, при ложных срабатываниях исполнительных механизмов будут обгорать контакты электромагнитных реле.

Чтобы избежать этих неприятностей, на третий каскад, собранный на транзисторе T_3, возложена задача не только обеспечить усиление сигнала в 30 раз, когда он слабый, но и ограничивать его усиление по максимуму. Это и достигается с помощью детектора, автоматически снижающего усиление каскада при сильных сигналах. В целом же данные каскада подобраны таким образом, что, начиная с напряжения 0,1 *в* на его входе, которое развивают первые два каскада усилителя, амплитудное значение напряжения на его выходе (на схеме на рис. 346— точки *а* и *б*) не превышает 4 *в*.

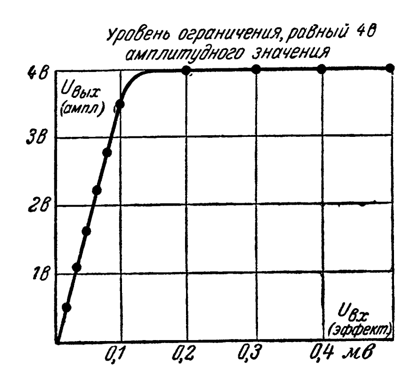


Рис. 347. График зависимости выходного напряжения ограничительного каскада от напряжения на его входе.

Зависимость выходного напряжения ограничительного каскада от напряжения на его входе изображена графически на рис. 347. На графике видно, что как бы ни повышалось входное напряжение, начиная с 0,1 *в*, напряжение на выходе ограничительного каскада не увеличится более чем до 4 *в*.

С выхода ограничительного каскада усиленный сигнал через конденсатор C_4 подается одновременно на входы обоих фильтров. Срабатывает же реле того фильтра, который настроен в резонанс с частотой командного сигнала.

Как действуют эти резонансные фильтры?

Элементами, определяющими работу каждого из фильтров, являются резистор и контур LC. Для первого фильтра это будут резистор R_9, катушка L_1, конденсатор C_7, а для второго фильтра R_{11}, L_2 и C_9. Если внимательно посмотреть на эти детали, то легко заметить, что взятые вместе они напоминают перевернутую букву «Г», где резистор — поперечная черточка, а контур LC — верти-

кальная часть буквы. Поэтому эту группу деталей называют Г-образным *RC*-фильтром.

Контур L_1C_7 фильтра $Ф_1$ приемника, как и любой колебательный контур, на всех частотах, кроме резонансной, на которую он настроен, представляет собой малое сопротивление. На резонансной же частоте его сопротивление велико. Поэтому если частота командного сигнала на входе Г-образного фильтра не равна резонансной частоте контура L_1C_7, то на выходе этого фильтра, являющемся входом транзистора T_4 (нижняя точка контура L_1C_7 через диод $Д_2$ соединена с эмиттером транзистора), напряжение практически отсутствует. В этом случае все напряжение командного сигнала падает на резисторе R_9. В это время коллекторный ток транзистора мал: не более 1,5—2 *ма*, так как транзистор почти закрыт. Когда же частота сигнала равна резонансной частоте контура L_1C_7, на контуре создается сравнительно большое переменное напряжение низкой частоты, которое без потерь подается на базу транзистора. Усиленное транзистором, оно выпрямляется диодом $Д_2$ и через катушку L_1 подается снова на его базу с отрицательной полярностью. При этом транзистор открывается, его коллекторный ток резко возрастает до 10—12 *ма*, отчего реле срабатывает, а контакты его замыкают цепь питания исполнительного механизма.

Точно так же работает второй фильтр приемника.

Собственные частоты контуров, соответствующие частотам командных сигналов, подбираются индуктивностями катушек и емкостями конденсаторов во время настройки приемника.

Детали и монтаж приемника. Приемник монтируется на гетинаксовой или текстолитовой плате толщиной 2—2,5 *мм*. Чертеж платы с разметкой отверстий на ней приведен на рис. 348. Увеличив этот чертеж до натуральной величины, наклей его на плату и уже по нему сверли отверстие. Мелкие отверстия, показанные на рисунке, сверли сверлом диаметром 1 *мм*.

Во все миллиметровые отверстия вставь «гвоздики» — кусочки медного провода диаметром 1 и длиной 10 *мм*. Провод, из которого будешь нарезать «гвоздики», тщательно зачисть и залуди припоем. При этом диаметр провода несколько увеличивается и «гвоздики» очень плотно удерживаются в отверстиях. С одной стороны платы, где будут размещаться детали, «гвоздики» должны выступать на 5 *мм*, а с другой стороны, где гвоздики соединяются монтажным проводом, — на 2—2,5 *мм* (рис. 349, *а*).

Монтируя детали на плате, придерживайся монтажных схем, показанных на рис. 348. Все соединения деталей делай с обратной стороны платы медным проводом диаметром 0,4—0,5 *мм* в хлорвиниловой изоляции.

Для приемника используй малогабаритные детали, иначе они не уместятся на монтажной плате или придется увеличивать ее размеры. Электромагнитные реле самодельные или типа РЭС-6

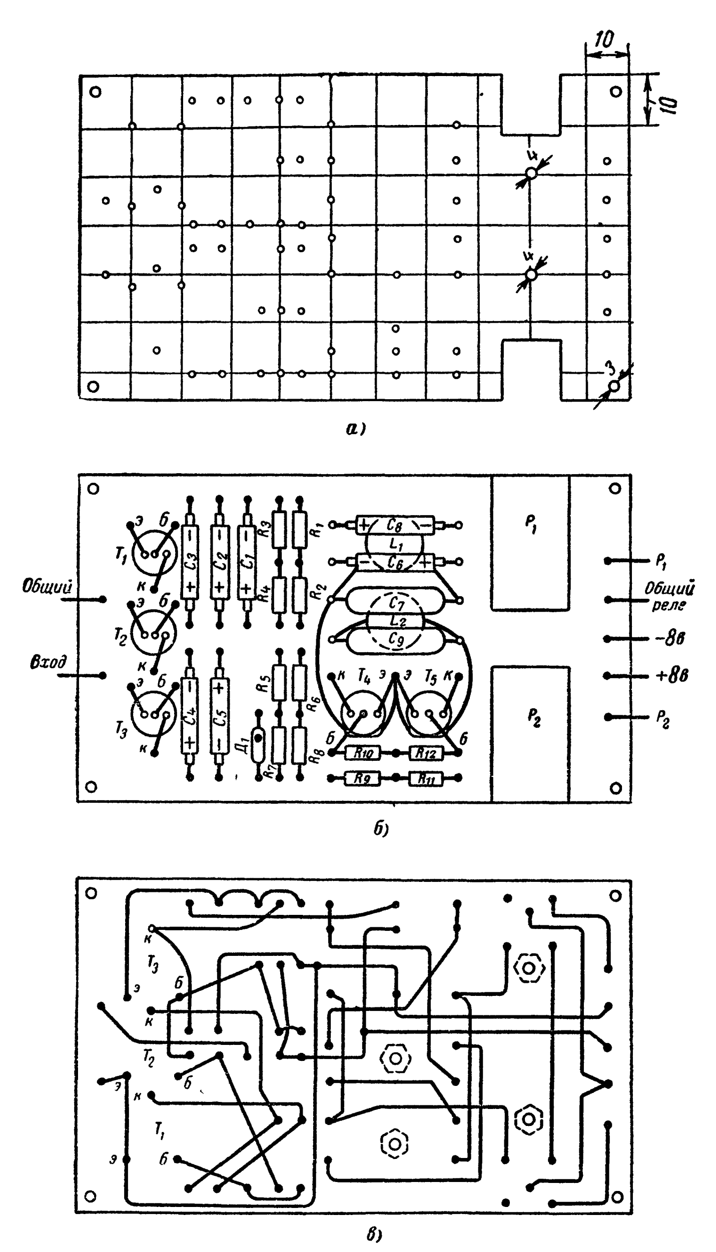


Рис. 348. Двухканальный приемник звукоуправляемой модели.
а — плата; *б* — вид на монтаж сверху; *в* — вид на монтаж снизу.

(паспорт 145). Точечные диоды типа Д2 или Д9, имеющие прямое сопротивление 20—100 *ом* и обратное не меньше 0,5 *Мом*. Значения β у всех транзисторов должны быть в пределах 40—100 при $I_{к.о}$ не больше 30 *мка*.

Катушки фильтров L_1 и L_2 намотай на ферритовые кольца марки Ф-1000 или Ф-2000 с наружным диаметром 10—13 *мм*. Всего на тело кольца надо намотать около 1 000 витков провода ПЭЛ 0,08—0,1. Намотка производится челноком так, как об этом рассказано на

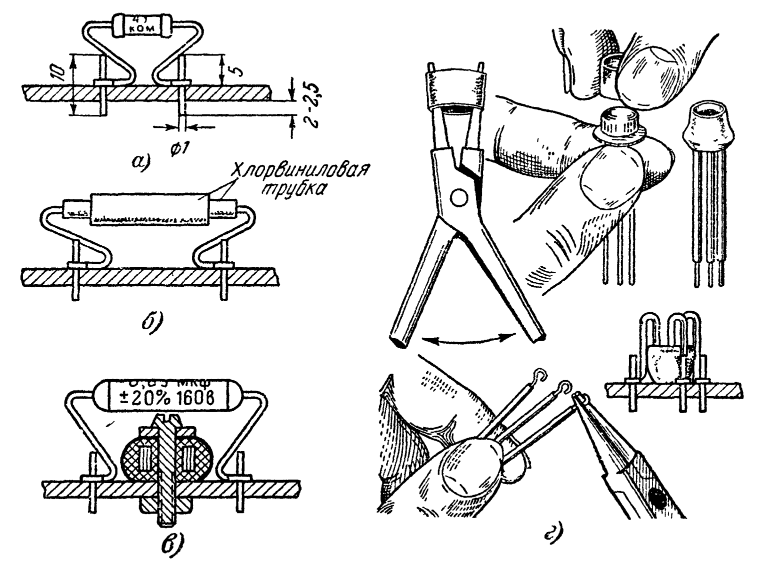


Рис. 349. Приемы монтажа деталей.

стр. 325. При использовании ферритовых колец марок Ф-400 и Ф-600, для каждой катушки фильтра придется использовать два кольца, склеивая их торцами клеем БФ-2. Можно использовать и броневые сердечники типа СБ-1 или СБ-2. В этом случае катушки наматываются тем же проводом до заполнения шпулек сердечников. Преимущества сердечников СБ-1 и СБ-2 — возможность изменять индуктивность катушек подстроечными стержнями.

Катушки фильтров, намотанные на ферритовых кольцах, крепятся на монтажной плате с помощью болтиков диаметром 2—2,6 *мм* (рис. 349, *в*), а броневые сердечники приклеиваются к плате.

В качестве микрофона для приемника используется самодельный громкоговоритель, выполненный на базе микрофонного капсуля ДЭМШ-1 (см. стр. 213) или капсуля ушного телефона от слухового аппарата. Можно, конечно, использовать и электродинамический микрофон с повышающим трансформатором, но он сильно увеличит вес приемника.

Даже при использовании малогабаритных деталей монтаж приемника получается очень плотным. В связи с этим принимай все меры, предупреждающие случайные соединения между деталями при ударах, которые неизбежны при испытании модели, а крепление деталей на «гвоздиках» делай с помощью петель на их гибких выводах.

На электролитические конденсаторы надень хлорвиниловые трубочки (рис. 349, *б*), чтобы избежать замыкания их корпусов с соседними деталями или «гвоздиками», на которых они крепятся. На корпуса и выводы транзисторов также надень хлорвиниловые трубочки (рис. 349, *г*), что исключит возможные замыкания цепей этих приборов.

С особой осторожностью производи пайку, чтобы не повредить детали, изоляционные трубочки.

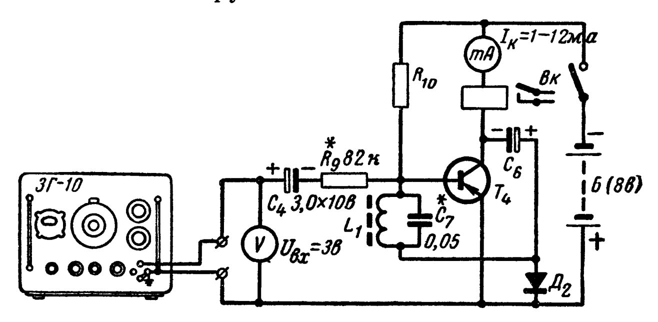


Рис. 350. Схема снятия частотной характеристики фильтра приемника.

Налаживание приемника начинается с проверки работы фильтров. Сначала проверяются фильтр первого, затем второго канала управления.

На вход первого фильтра, отпаяв от резистора R_7 электролитический конденсатор C_4 и поменяв полярность включения его, подают сигнал напряжением 3 *в* от звукового генератора (ЗГ-10 или самодельного), а в коллекторную цепь транзистора T_4 включают миллиамперметр на ток 20—30 *ма*, как показано на рис. 350.

Контроль за входным напряжением осуществляется любым авометром, например типа ТТ-1 или «Школьный». При отсутствии сигнала на входе фильтра прибор должен показать ток 1,5—2 *ма*. Если ток значительно меньше, то следует уменьшить сопротивление резистора R_{10}. При подключении параллельно резистору R_{10} другого резистора сопротивлением 1—2 *ком* коллекторный ток транзистора должен резко возрастать, а реле — срабатывать.

Затем приступай к настройке контура L_1C_7 на частоту одного из командных сигналов. А для этого придется прежде всего, пользуясь звуковым генератором, снять частотную характеристику фильтра. Работа эта кропотливая, требует большого внимания и точности, но без нее не удастся заставить модель быть послушной

звуковым командам. Она, кроме того, поможет тебе прочно закрепить в памяти сущность работы фильтра и получить наглядное представление о роли его деталей.

Подай на вход фильтра сигнал от звукового генератора. Следя за тем, чтобы напряжение сигнала все время было равно 3 *в*, плавно изменяй частоту генератора примерно от 500 до 5 000 *гц*. Прибор вначале будет показывать ток 1—2 *ма*. Затем на каком-то участке диапазона звуковых частот он резко возрастает до 8—12 *ма*, а при дальнейшем изменении частоты генератора снова уменьшится до

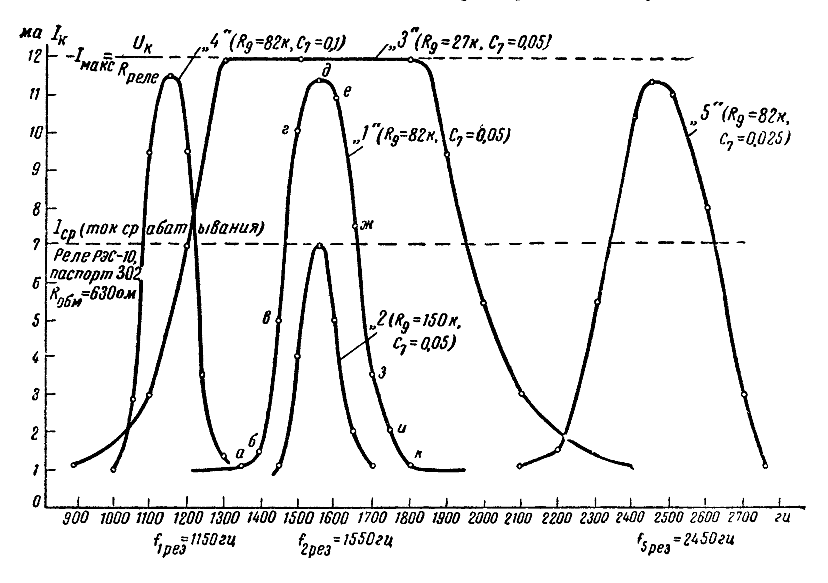


Рис. 351. Графики частотных характеристик фильтра.

1—2 *ма*. Вот этот участок возрастания и спадания тока, который тебе надо изобразить графически, и есть частотная характеристика фильтра. Тебе надо знать, какой она получится и что надо сделать, чтобы настроить фильтр на частоту командного сигнала.

Возьми лист миллиметровой или клетчатой бумаги, начерти на ней две взаимно перпендикулярные линии — оси и разбей их на одинаковые участки длиной по 5—10 *мм* (рис. 351). По вертикальной оси вверх откладывай значения тока коллектора $I_к$ в миллиамперах, а по горизонтальной вправо — значения частоты генератора в герцах.

Допустим, что до частоты 1 350 *гц* ток коллектора не изменялся и был равен 1 *ма*. С этого момента, который на рис. 351 отмечен буквой *а*, ток начал увеличиваться. При частоте 1 400 *гц* он был равен 1,5 *ма* (точка *б*), при частоте 1 450 *гц* 5 *ма* (точка *в*), а при частоте 1 500 *гц* 10 *ма* (точка *г*). Если у тебя реле типа РЭС-10 с со-

противлением обмотки 630 *ом* (паспорт 302), то на частоте 1 420—1 450 *гц* оно должно сработать. С дальнейшим повышением частоты генератора ток коллектора продолжает расти. На частоте 1 550 *гц* он достигает наибольшего значения (точка *д*), а затем начинает уменьшаться. Если значения тока коллектора отмечать точками через каждые 50 *гц* (точки *е*, *ж*, *з*, *и*, *к*), а затем все эти точки соединить сплошной линией, то получится график частотной характеристики фильтра. Для нашего случая это будет кривая *1*, соответствующая резонансной частоте фильтра $Ф_1$ 1 550 *гц* при R_9 = 82 *ком* и C_7 = 0,05 *мкф*. Резонансная частота твоего фильтра может быть иной, но форма кривой частотной характеристики его должна быть близка к форме кривой *1*. Чем острее получится кривая частотной характеристики фильтра, тем выше его селективные (избирательные) свойства, тем, следовательно, выше качество работы приемной аппаратуры.

Допустим, что у тебя получилась именно такая кривая. Попробуй теперь (уже для эксперимента) сопротивление резистора R_9 увеличить до 150—200 *ком* и снова снять частотную характеристику фильтра. У тебя получится кривая, близкая к кривой *2*. Резонансная частота фильтра останется той же, а максимальный ток коллектора окажется настолько малым, что реле не сработает.

Далее попробуй, наоборот, уменьшить сопротивление этого резистора до 20—27 *ком* и еще раз снять частотную характеристику фильтра. Резонансная частота фильтра опять-таки останется прежней, а кривая (на рис. 351 — кривая *3*), не поднявшись выше тока насыщения, охватит очень широкую полосу частот. Фильтр с такой характеристикой совершенно непригоден, так как его избирательность окажется прескверной — реле станет срабатывать при самых различных частотах.

Эти эксперименты, которые займут не более часа, позволят тебе судить о влиянии резистора R_9 на качество фильтра приемника. Изменяя его сопротивление, тебе надо добиться, чтобы кривая частотной характеристики фильтра твоего приемника максимально приблизилась по форме к кривой *1*.

Теперь увеличь емкость конденсатора C_7, подключив параллельно ему второй конденсатор емкостью 0,05 *мкф* или заменив его конденсатором емкостью 0,1 *мкф*, и снова сними частотную характеристику фильтра. Кривая сдвинется в сторону низших звуковых частот (на рис. 351 — кривая *4*), так как уменьшилась собственная частота колебательного контура фильтра. А если емкость конденсатора C_7 уменьшить, например, до 0,025 *мкф*, увеличив таким образом собственную частоту, то и кривая частотной характеристики фильтра сдвинется в сторону высших звуковых частот (на рис. 351— кривая *5*).

Вывод напрашивается сам собой: изменяя емкость колебательного контура фильтра, можно подобрать такую резонансную частоту его, которая соответствует частоте звуковой команды свистка или

дудочки. Аналогичные результаты получатся, если изменять индуктивность контурной катушки фильтра.

Таким образом, перед тобой стоит задача: снимая частотные характеристики и подбирая опытным путем данные фильтров, настроить их на частоты звуковых команд. При этом следи, чтобы напряжение сигнала на выходе звукового генератора все время было равно 3 *в*.

Когда резонансные частоты обоих фильтров подгонишь под частоты командных сигналов, еще раз сними их частотные характеристики. Кривые не должны перекрывать друг друга, иначе могут происходить ложные срабатывания реле. Частотные характеристики фильтров приемника, изготовленного нашими юными друзьями, о котором мы здесь рассказываем, соответствуют кривым *1* и *4* (рис. 351).

Усилитель низкой частоты, если в нем нет неисправных деталей и он смонтирован без ошибок, налаживания не требует. Проверить же его работу можно так. Вместо резистора R_7 включи в цепь коллектора транзистора T_3 головной телефон, а на вход усилителя — микрофон. Перед микрофоном подай звуковой сигнал свистком или дудочкой — в телефоне должен прослушиваться достаточно громкий звук, а одно из реле должно сработать. Громкость звука любой команды не должна меняться по мере отдаления источника от микрофона на расстояние до 18—20 *м*. Это подтвердит, что усилительные каскады и ограничитель работают исправно. Налаженный таким образом приемник можно ставить на модель.

ПРОСТОЙ ПЕРЕДАТЧИК ЗВУКОВЫХ КОМАНД

Если пожелаешь увеличить расстояние действия приемника управляемой модели, тебе придется отказаться от свистков или дудочки и собрать более надежный передатчик звуковых команд. Принципиальная схема такого передатчика показана на рис. 352. Он представляет собой транзисторный генератор колебаний звуковых частот, собранный по схеме мультивибратора, знакомого тебе по предыдущей беседе, с усилителем мощности. Нагрузкой усилителя мощности служит громкоговоритель, являющийся источником звука передатчика. Им может быть любой подходящий маломощный электродинамический громкоговоритель, в том числе и самодельный, который в зависимости от сопротивления звуковой катушки включается в коллекторную цепь через согласующий трансформатор либо непосредственно.

Передатчик четырехкомандный (с запасом — на случай, если потребуется увеличить число команд). Управляется он четырьмя двухполюсными тумблерами ($Вк_1$ — $Вк_4$). Для питания потребуется батарея с напряжением около 12 *в*, составленная из трех батареек для карманного фонарика.

Частота колебаний, генерируемых мультивибратором, определяется сопротивлением той цепочки из двух соединенных последо-

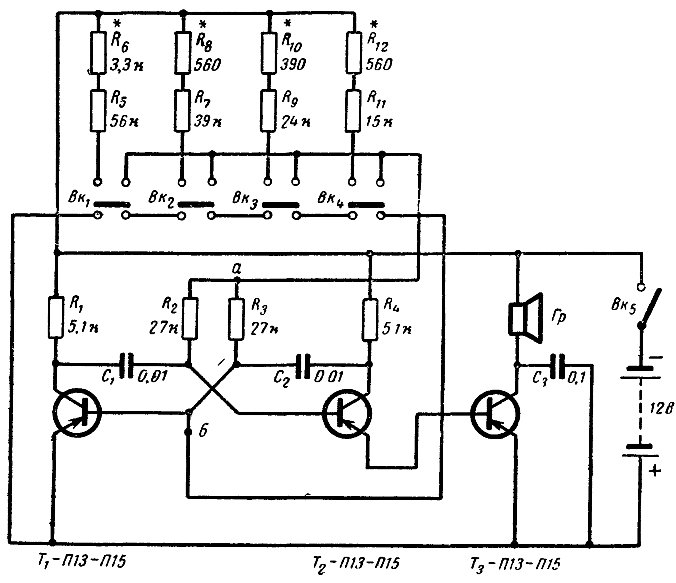


Рис 352. Принципиальная схема передатчика звуковых команд.

вательно резисторов (R_5 и R_6, R_7 и R_8, R_9 и R_{10}, R_{11} и R_{12}), которая включается между резисторами R_2 и R_3 (точка *а*) и общим минусом: чем больше суммарное сопротивление цепочки резисторов, тем меньше частота звуковой команды. Один из каждых двух резисторов (R_5, R_7, R_9, R_{11}) грубо определяет частоту мультивибратора, другой (R_6, R_8, R_{10}, R_{12}), сопротивление которого подбирается, служит для более точной подгонки частоты мультивибратора. Если ни одна из цепочек резисторов не включена, база транзистора T_1 соединена с общим плюсом и мультивибратор не генерирует звуковых частот.

Сопротивления резисторов R_5 — R_{12}, указанные на схеме, соответствуют частотам 1 550, 1 950, 2 350 и 2 720 *гц*. Если выберешь иные резонансные частоты фильтров приемника, соответственно придется подобрать и величины резисторов мультивибратора. Общее число команд можно уменьшить или, наоборот, увеличить.

Конструкция передатчика — произвольная. Важно лишь, чтобы он был удобен при управ-

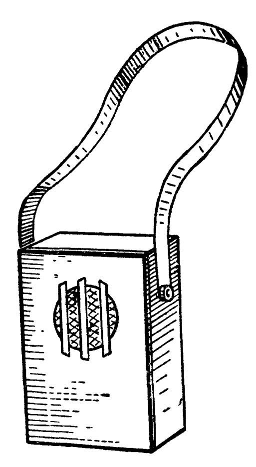


Рис. 353 Примерная конструкция передатчика звуковых команд.

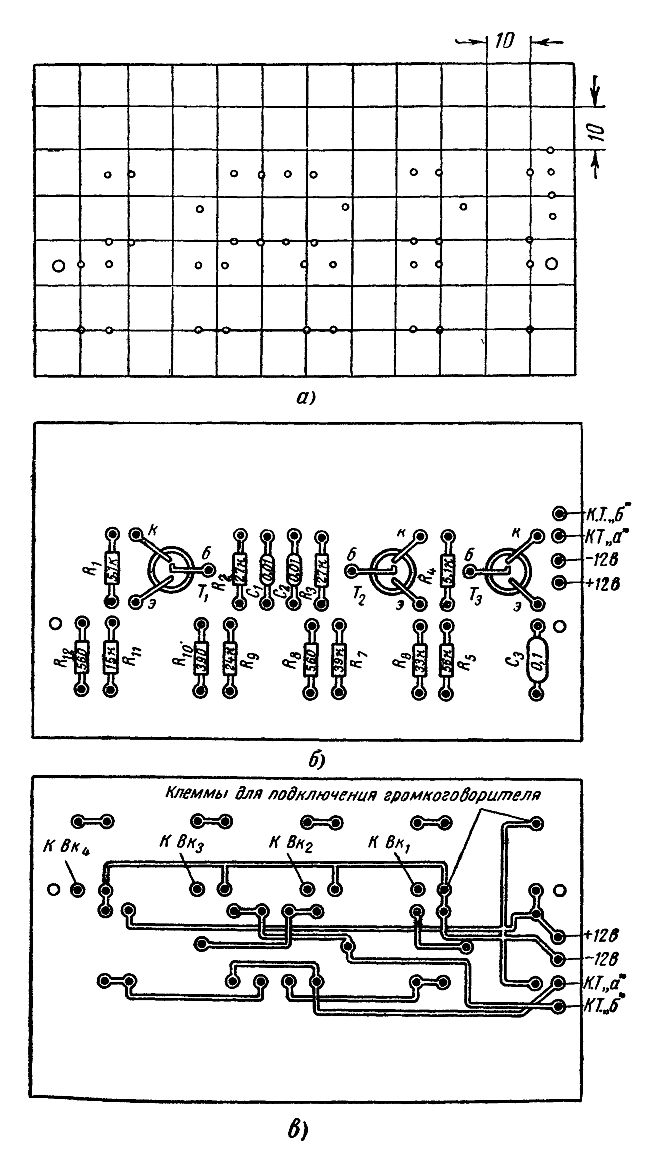


Рис. 354. Разметка платы и монтаж деталей на ней.

лении моделью. Это может быть фанерный ящичек размером примерно 160 × 140 × 60 *мм* с ремешком, накидывающимся на шею (рис. 353). На передней стенке ящичка — громкоговоритель, на задней съемной стенке — выключатель питания и тумблеры управ-

ления передатчиком, а внутри ящичка — монтажная плата с деталями и батарея питания.

Транзисторы, резисторы и конденсаторы передатчика можно разместить и смонтировать на гетинаксовой плате размером 70 × × 120 *мм*. Примером могут служить монтажные схемы, показанные на рис. 354. С помощью гибких изолированных проводников монтажная плата соединяется с громкоговорителем и деталями, размещенными на панели управления.

ПЕРЕДАТЧИК ДЛЯ РАДИОУПРАВЛЯЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

Работу по изготовлению аппаратуры управления моделью по радио целесообразнее начать с постройки передатчика, так как он значительно облегчит наладку приемника.

Принципиальная схема передатчика показана на рис. 355. Передатчик, как видишь, транзисторный. Пунктиром вверху обведена плата задающего генератора и усилителя мощности, внизу — плата модулятора передатчика. Питание передатчика осуществляется от батареи с напряжением 12 *в*, составленной из трех батареек для карманного фонарика.

Выходная мощность передатчика 0,1—0,15 *вт*, что обеспечивает уверенную связь с управляемой моделью на расстоянии до 1,5 *км*. При этом он потребляет от батареи ток не больше 80 *ма*. Следовательно, энергии комплекта батареек для карманного фонарика хватает на 5—6 *ч* непрерывной работы передатчика. Принципиально этот передатчик работает так же, как передатчик УКВ радиостанции, о которой говорилось в двадцатой беседе, и диапазон частот передатчика тот же: 28,0—29,7 *Мгц*. Несущая частота передатчика модулируется по амплитуде низкочастотными колебаниями, являющимися командными сигналами. В диапазоне звуковых частот от 300 до 6 000 *гц* может разместиться без взаимных помех до 8—10 каналов.

В задающем генераторе передатчика работает транзистор T_6 типа П403. Такая схема обеспечивает хорошую развязку между задающим контуром $L_1C_{11}C_{12}$, включенным по уже знакомой тебе трехточечной схеме, и коллекторным контуром L_2C_{14}, что повышает стабильность частоты генератора. Эмиттер транзистора отделен по высокой частоте от земли высокочастотным дросселем $Др_1$. Резистор R_{25}, заблокированный конденсатором C_{15}, обеспечивает температурную стабилизацию коллекторного тока транзистора. При срыве генерации ток коллектора должен доходить до 1—1,5 *ма*, что достигается подбором сопротивления резистора R_{24}.

Контур L_2C_{14}, включенный в коллекторную цепь транзистора T_6, так же как и задающий контур $L_1C_{11}C_{12}$ цепи базы, настраивается на частоты 28,0—29,7 *Мгц*.

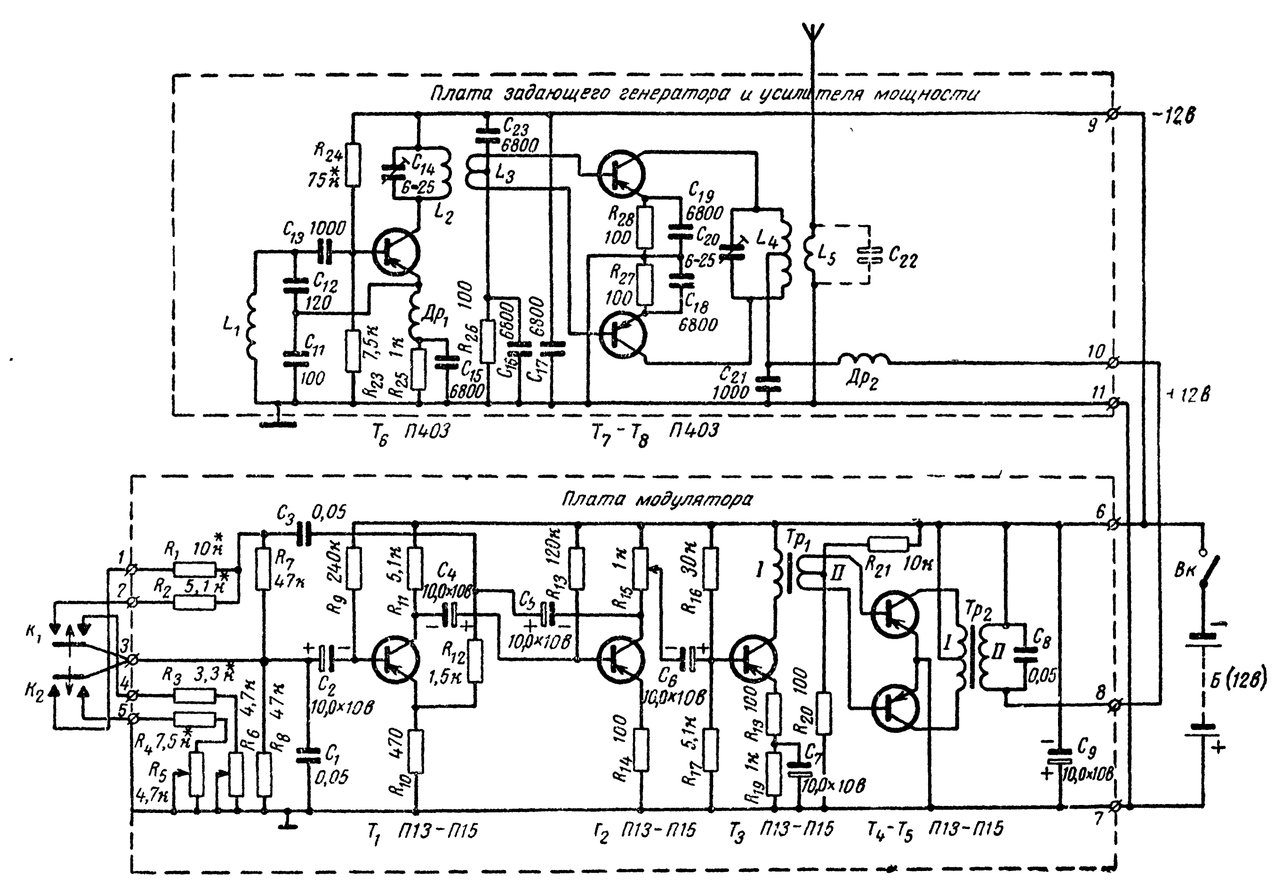


Рис. 355. Принципиальная схема передатчика для радиоуправляемых моделей.

С задающего генератора высокочастотный сигнал через катушку связи L_3 подается на вход усилителя мощности, работающего по двухтактной схеме на транзисторах T_7 и T_8.

Резисторы R_{27} и R_{28}, зашунтированные конденсаторами C_{18} и C_{19}, обеспечивают необходимую температурную стабилизацию тока выходных транзисторов.

Нагрузкой усилителя мощности является контур L_4C_{20}, также настраиваемый на частоту 28,0—29,7 *Мгц*, с которым через катушку L_5 связана антенна передатчика.

В рабочем режиме постоянная составляющая коллекторного тока каждого выходного транзистора достигает 30 *ма*. Таким образом, эти транзисторы с целью отдачи наибольшей полезной мощности в антенне работают в перегруженном режиме. Но этого не следует опасаться, так как в этом режиме мощность, рассеиваемая на каждом транзисторе, не превышает 40 *мвт*, что несколько меньше максимально допустимой.

Модуляция высокочастотной энергии, излучаемой антенной, осуществляется через цепь питания транзисторов усилителя мощности. Ячейка, состоящая из высокочастотного дросселя $Др_2$ и конденсатора C_{21}, препятствует проникновению колебаний несущей частоты передатчика в его модулятор.

Модулятор передатчика трехкаскадный. Первый его каскад, в котором работают транзисторы T_1 и T_2, — генератор колебаний звуковых частот, второй — усилитель напряжения, третий — двухтактный усилитель мощности.

Генератор колебаний звуковых частот собирается по схеме мультивибратора. При данных резисторов, которые указаны на принципиальной схеме, он генерирует две фиксированные частоты: 1 000 и 2 500 *гц*.

При нажатии кнопки K_2, когда к базе транзистора подключается цепочка моста R_1, R_4 и R_5, генерируются колебания первой командной частоты, а при нажатии кнопки K_1, когда подключается цепочка из резисторов R_2, R_3 и R_6, генерируются колебания второй командной частоты.

Переменные резисторы R_5 и R_6 обеспечивают точную подстройку частоты звукового генератора на резонансную частоту фильтров приемника.

Число команд может быть увеличено. Для этого надо лишь дополнить схему соответствующим числом цепочек резисторов и кнопок управления. И, наоборот, его можно уменьшить до одной команды, исключив из схемы одну цепочку резисторов и относящуюся к ним кнопку.

Когда кнопки управления не нажаты, генератор за счет постоянно включенных резисторов R_7 и R_8 генерирует колебания с частотой 70—80 *гц*. Эта частота нужна не для управления, а только для настройки приемника на частоту передатчика.

Переменный резистор R_{15}, включенный в коллекторную цепь транзистора T_2, является выходным элементом генератора. С него

низкочастотный сигнал подается на усилитель напряжения, собранный на транзисторе T_3. Этот (третий) каскад выполняет роль не только усилителя напряжения, но и фазоинвертора, обеспечивающего работу выходного двухтактного усилителя мощности звукового генератора.

Во вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, через которую подается питание коллекторных цепей усилителя мощности передатчика, развивается переменное напряжение с амплитудой около 12 *в*. В результате воздействия этого напряжения на ток транзисторов передатчика антенна излучает высокочастотную энергию, модулированную по амплитуде низкочастотными колебаниями командного сигнала. Глубина модуляции регулируется переменным резистором R_{15}.

Работа всего передатчика происходит так. Задающий генератор генерирует переменное напряжение с частотой 28,0—29,9 *Мгц*, которое подается на усилитель мощности, питающий антенну. Кроме того, на выход передатчика подается переменное напряжение низкой частоты. Когда не нажата ни одна из кнопок управления звуковым генератором, с выхода модулятора на усилитель мощности передатчика через дроссель $Др_2$ подается напряжение с частотой 70—80 *гц*. В это время антенна передатчика излучает электромагнитные колебания, несущая которых промодулирована по амплитуде звуковыми колебаниями частотой 70—80 *гц*. При нажатии одной из кнопок звукового генератора несущая электромагнитной энергии, излучаемой передатчиком, модулируется переменным напряжением с частотой 1 000 или 2 500 *гц*, которая является шифром команд управления.

Детали, конструкция и налаживание передатчика. Модулятор и высокочастотный генератор с усилителем мощности монтируются на отдельных гетинаксовых платах размером 145 × 70 и толщиной 2—2,5 *мм* и их предварительно налаживают раздельно.

Плата модулятора с разметкой отверстий и монтажные схемы модулятора показаны на рис. 356. Отверстия в плате сверлятся сверлами трех диаметров: 6 *мм* — для переменных резисторов, 3 *мм* (залиты краской) — для выводных ламелек, 1 *мм* — для «гвоздиков». Свободные от деталей отверстия предназначены для крепления платы в футляре передатчика.

Коэффициент усиления всех транзисторов модулятора может быть в пределах 40—100. Те из них, которые будут работать в усилителе мощности (T_4 и T_5), должны иметь возможно более близкие параметры. Переменные резисторы R_5, R_6 и R_{15} типа СПО. Постоянные резисторы и конденсаторы малогабаритные.

Трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ самодельные. Они выполняются на сердечниках из пластин Ш-8; толщина наборов 8 *мм*. Первичная обмотка трансформатора $Тр_1$ содержит 2 000 витков провода ПЭЛ 0,12, вторичная — 250 витков провода ПЭЛ 0,15 с отводом от середины (две секции по 125 витков). Первичная обмотка трансформа-

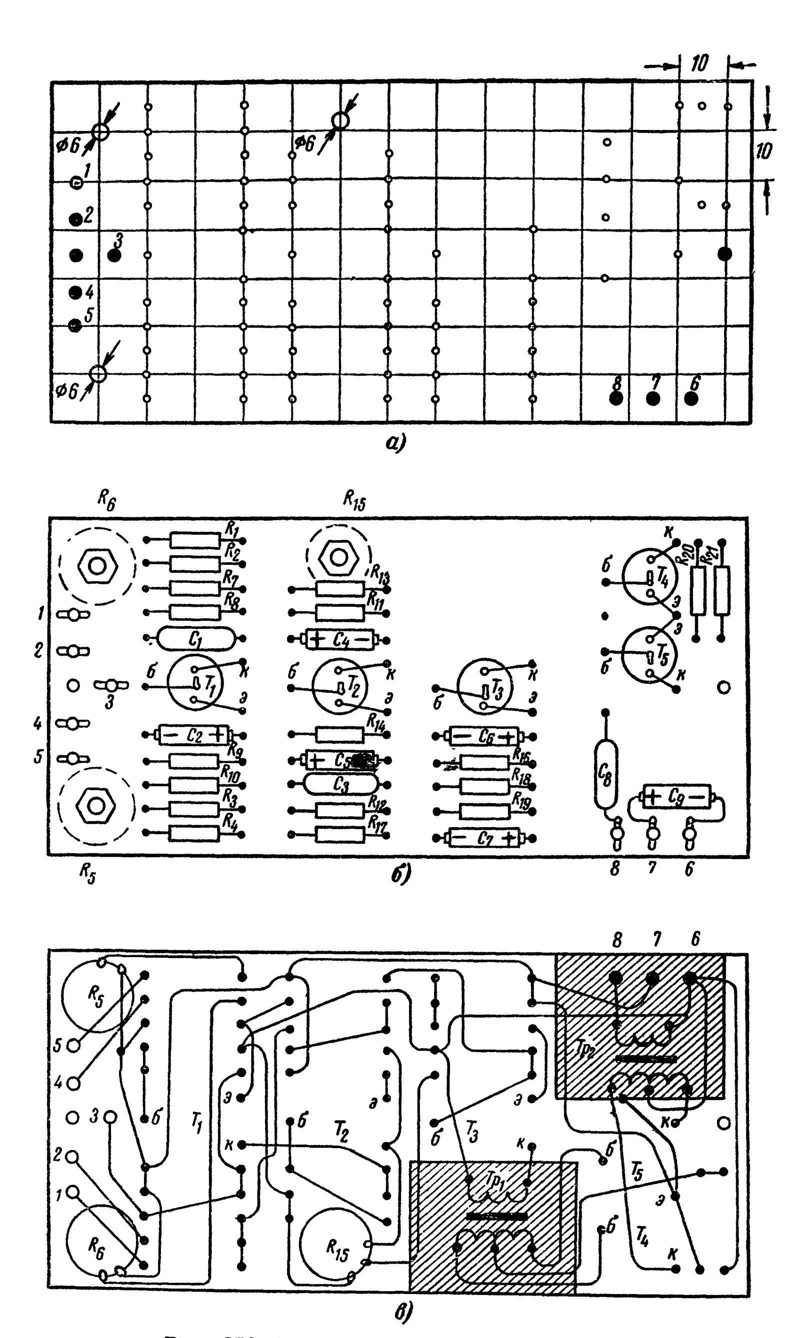


Рис. 356. Монтажная плата модулятора.

а — разметка отверстий на плате; *б* — вид на монтаж сверху; *в* — вид на монтаж снизу.

тора $Тр_2$ — 1 300 витков провода ПЭЛ 0,15 с отводом от середины (две секции по 650 витков), вторичная — 700 витков того же провода. Оба трансформатора крепятся с нижней стороны платы. Отверстия для крепления винтов сверлятся по месту.

При монтаже деталей модулятора на плате придерживайся монтажных схем, приведенных на рис. 356, что избавит тебя от ошибок.

Никакой специальной регулировки плата модулятора не требует, а с наладкой отдельных ее каскадов ты уже знаком. Если на выход модулятора (на рис. 355 — точки *6—8*) подключить высокоомный телефон, то будет прослушиваться достаточно громкий звуковой тон. При нажатии кнопок $К_1$ и $К_2$ звуковой тон должен меняться от 1 000 до 2 500 *гц* соответственно.

Нагрузи вторичную обмотку трансформатора $Тр_2$ на резистор с сопротивлением 390—430 *ом* и измерь на нем напряжение вольтметром со шкалой 0—10 *в*. Вращая ручку переменного резистора R_{15}, добейся, чтобы вольтметр показывал напряжение 8 *в*. Отключив эту временную нагрузку, можешь считать, что модулятор передатчика готов.

Чертеж платы высокочастотного генератора с разметкой всех необходимых отверстий под «гвоздики» и детали, а также монтажные схемы генератора показаны на рис. 357. От качества сборки и монтажа этой платы в большой степени зависит качество работы всего передатчика.

Для обеспечения стабильности работы задающего генератора и усилителя мощности детали их должны быть высокого качества: конденсаторы постоянной емкости — типа КТК или КДК, подстроечные конденсаторы — типа КПК, резисторы — типа МЛТ-0,5, а катушки должны быть выполнены с особой тщательностью. С целью устранения паразитной связи между группами деталей на плате устанавливаются экраны — пластинки из листового алюминия шириной 35 *мм* с лапками для крепления.

Транзисторы $Т_6$ — $Т_8$ типа П403 со значениями $\beta = 80 \div 150$. Различие в коэффициенте усиления для транзисторов $Т_7$ и $Т_8$ не должно превышать 20—30%.

Каркас катушки L_1 выточи из органического стекла или полистирола по чертежам на рис. 358, *а*. Подстроечный сердечник катушки выточки из алюминия, а в его пяточке сделай шлиц для отвертки. Перемещая сердечник внутри катушки, ты будешь перестраивать задающий контур на частоту 28,0—29,7 *Мгц*.

Во избежание самопроизвольного вывинчивания сердечника между ним и внутренней поверхностью каркаса вставь кусочек резины сечением 1 × 1 *мм*.

Катушка наматывается проводом ПЭЛ 0,4—0,5. Всего на каркас надо намотать 10 витков. Более точно количество витков устанавливается в процессе налаживания задающего генератора.

Катушки L_2 и L_3 намотай на двухсекционном каркасе, выточенном из органического стекла по чертежу на рис. 358, *б*. Катушка

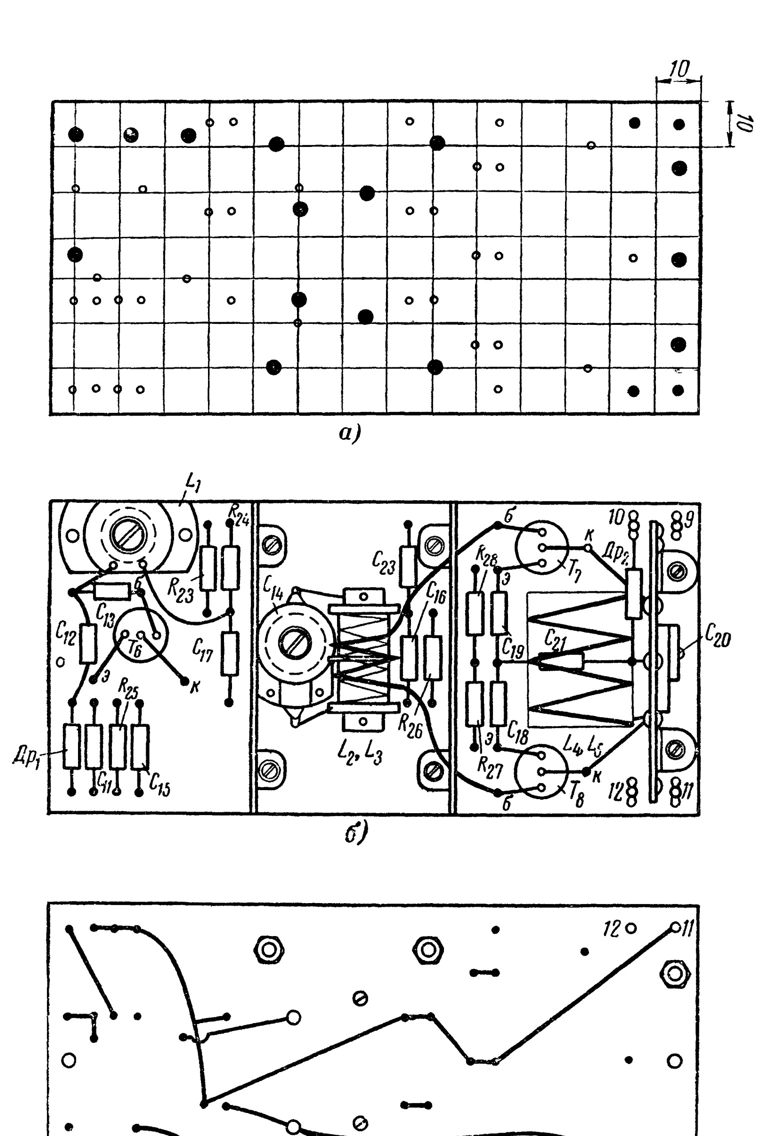


Рис 357. Монтажная плата задающего генератора и усилителя мощности передатчика.

а — разметка отверстий на плате; *б* — вид на монтаж сверху; *в* — вид на монтаж снизу.

L_2 должна содержать 14 витков провода ПЭЛ 0,5 по 7 витков в каждой секции с шагом намотки 1 *мм*.

Катушка L_3 наматывается проводом диаметром 0,8 *мм* в хлорвиниловой изоляции поверх катушки L_2. Всего она должна содержать 4 витка — по 2 витка в каждой секции, намотанных в разные стороны. Отвод делается от средней точки. Эту катушку наматывай так. Кусок провода длиной 300 *мм* оголи в середине на длине 50 *мм*, сложи вдвое, а оголенный участок скрути и припаяй. Это будет

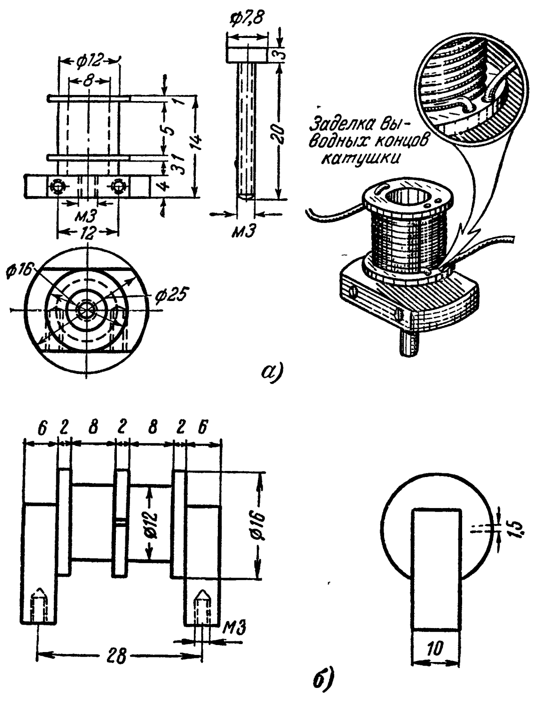


Рис. 358. Катушки задающего генератора.
а — L_1; *б* — L_2 и L_3.

будущий вывод катушки. Закрепи его в прорези среднего фланца каркаса, а половинки провода намотай в разных направлениях. Крайние витки катушки аккуратно закрепи шелковой ниткой. Длинные выводы катушки идут к базам транзисторов T_7 и T_8.

Катушки L_4 и L_5 (рис. 359) бескаркасные, причем катушка L_4 имеет пластинки, скрепляющие витки. Обе катушки вместе с подстроечным конденсатором C_{20} монтируются на пластинке из органического стекла, которая затем прикрепляется к плате в вертикальном положении. Для обеих катушек подойдет медный посеребренный с эмалевой изоляцией (ПЭЛ) или в крайнем случае голый медный провод диаметром 1,8—2 *мм*.

Катушку L_4 намотай на каком-либо круглом предмете диаметром 20—21 *мм*, уложив плотным рядом 9—10 витков. Концы провода откуси, чтобы в спирали остались только целые витки. Заготовь из органического стекла две пластинки шириной 5 и длиной по 25—28 *мм*. Просверли в них отверстия, равные по диаметру проводу. Расстояние между центрами отверстий 3 *мм*. Затем вверни один за другим витки спирали в отверстия пластинок. В окончательном виде катушка L_4 должна иметь 8 витков. Концы провода, не входя-

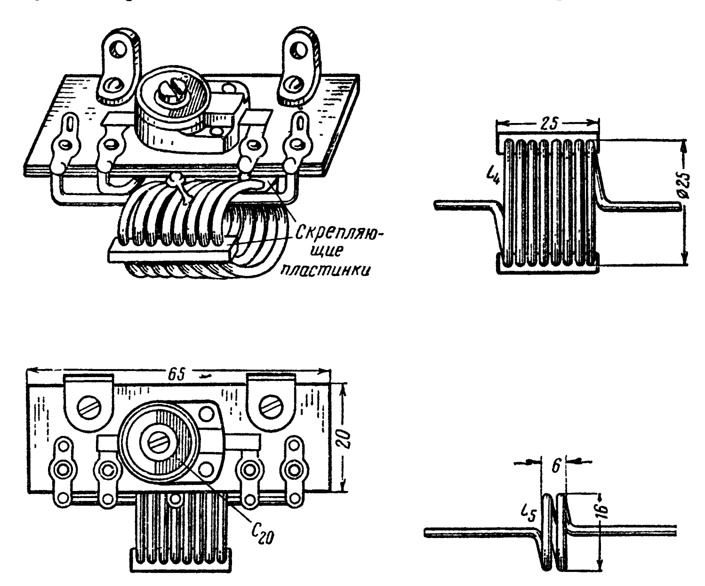


Рис. 359 Катушки усилителя мощности и монтаж их на панели.

щие в это число витков, отогни и выправь — это будут выводы, которыми катушка припаивается к контактным ламелям на пластинке. Отвод сделай точно от середины катушки гибким изолирующим проводником, который припаивается к средней ламели.

Катушка L_5 — 2 витка с наружным диаметром 15—16 *мм*, расстояние между витками 2 *мм*. Она размещается точно в центре катушки L_4 (не соприкасаясь с нею) и припаивается выводами к крайним ламелям.

Дроссели $Др_1$ и $Др_2$ намотай на резисторах типа МЛТ-0,5 сопротивлением не менее 30 *ком*, уложив на их корпуса внавал по 60 витков провода ПЭЛ 0,12—0,15.

Детали высокочастотной части передатчика размещай на плате, придерживаясь монтажных схем, приведенных на рис. 357, что избавит тебя от случайных ошибок. Все соединительные проводники должны быть возможно более короткими. Транзисторы впаивай по

мере настройки каскадов: сначала транзистор T_6 задающего генератора, затем, когда наладишь этот каскад, транзисторы T_7 и T_8 усилителя мощности.

Когда смонтируешь генератор, подведи к ламелям *9* и *11* питающее напряжение 12 *в*. Если ошибок в монтаже нет и детали предварительно проверены, генератор должен сразу же начать работать. Потребуется только установить частоту генерируемых им колебаний, которая должна соответствовать любительскому УКВ диапазону частот 28—29,7 *Мгц*.

Контроль частоты задающего генератора ведется по волномеру, описание которого приведено на стр. 550. При контроле катушка волномера подносится на расстояние 2—3 *см* к катушке L_1 контура

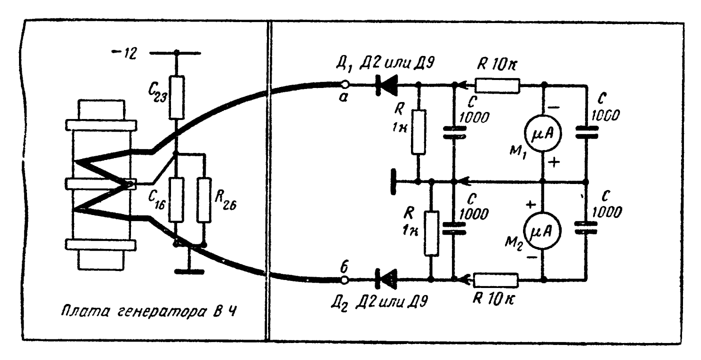


Рис. 360. Дополнительные измерительные схемы для настройки генератора.

генератора. При этом подстроечный конденсатор C_{14} ставится в среднее положение, а цепи база — эмиттер транзисторов T_7 и T_8, не впаянных пока в схему, заменяются их эквивалентами: параллельной цепочкой из резистора сопротивлением 100 *ом* и конденсатора емкостью 24 *пф*. Если, перемещая сердечник катушки L_1, настроиться на нужную частоту не удается, то соответственно изменяй число витков катушки. Если частота слишком низкая, отмотай 1—2 витка и опять попробуй настроиться. Если частота велика, число витков следует увеличить. Подгонку индуктивности катушки L_1 можешь считать законченной, если при среднем положении сердечника задающий генератор работает на частоте, близкой к 28,85 *Мгц*.

Переходя к настройке контура L_2C_{14}, собери на плате две дополнительные измерительные схемы, показанные на рис. 360 справа. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ припаяй непосредственно к тем «гвоздикам», к которым должны подключаться базовые выводы транзисторов T_7 и T_8 (на рис. 360 — точки *а* и *б*). Вращая ротор конденсатора C_{14}, добейся максимума в показаниях микроамперметров M_1 и M_2, причем показания их не должны различаться больше, чем на

20—30%. В противном случае придется переделать катушку L_3, домотав часть витка в той секции, которая показывает меньший ток.

После настройки задающего генератора переходи к налаживанию усилителя мощности. Дополнительные измерительные схемы и детали удали и впаяй транзисторы T_7 и T_8.

Настройку колебательного контура L_4C_{20} в резонанс с частотой генератора производи в такой последовательности. Антенную катушку L_5 нагрузи на резистор сопротивлением 75 *ом*, соответствующий сопротивлению излучения настроенной антенны. Параллельно этому резистору подключи такую же измерительную схему, какую ты подключил к одному из плеч катушки L_3, но с миллиамперметром со шкалой 0—5 *ма*. В момент настройки контура L_4C_{20} в резонанс с частотой генератора показание прибора максимально.

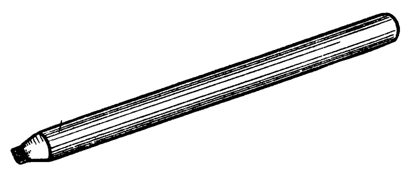


Рис. 361. Диэлектрическая отвертка.

Изменение емкости подстроечных конденсаторов C_{14} и C_{20} нужно производить диэлектрической отверткой, изготовленной по рис. 361.

Симметричность работы выходных транзисторов проще всего определить, сравнивая постоянные напряжения на резисторах R_{27} и R_{28}. При одинаковых импульсах коллекторного тока обоих транзисторов эти напряжения равны. Если они не равны, то замени транзисторы T_7 и T_8 новыми с одинаковыми параметрами.

Все элементы передатчика, включая антенну, кнопки управления, батарею и выключатель питания, крепятся на лицевой панели его футляра (рис. 362) и соединяются многожильными проводниками в хлорвиниловой изоляции. Эту панель вырежь из листового алюминия или железа толщиной 1,5—1,8 *мм*. Отверстия в панели сверли с учетом размеров деталей. Если у тебя не окажется кнопок, замени их тумблерами.

Плата задающего генератора с усилителем мощности и плата модулятора крепятся к панели на трубчатых стойках длиной 30—35 *мм*, а батарея (три батарейки для карманного фонарика) — с помощью жестяных хомутиков.

Антенна передатчика — кусок толстой медной проволоки, алюминиевой или латунной трубки длиной 1,6 *м*. Опорами антенны служат стойки. Нижняя стойка является одновременно контактной, соединяющей катушку связи L_5 выходного каскада передатчика с антенной. Верхняя стойка только удерживает антенну в вертикальном положении; ее можно выточить из изоляционного материала.

Антенну желательно сделать разборной из четырех колен длиной по 40 *см*, соединяющихся подобно коленам удилища с помощью втулок или вкладышей. Разумеется, соединительные детали

должны обеспечивать надежные контакты и прочность антенны в целом.

Все соединения узлов и деталей передатчика делай многожильным проводом в хлорвиниловой изоляции, руководствуясь принципиальной схемой передатчика (см. рис. 355).

Футляр передатчика — алюминиевая или железная коробка по размерам передней панели и глубиной 75—80 *мм*. Если у тебя

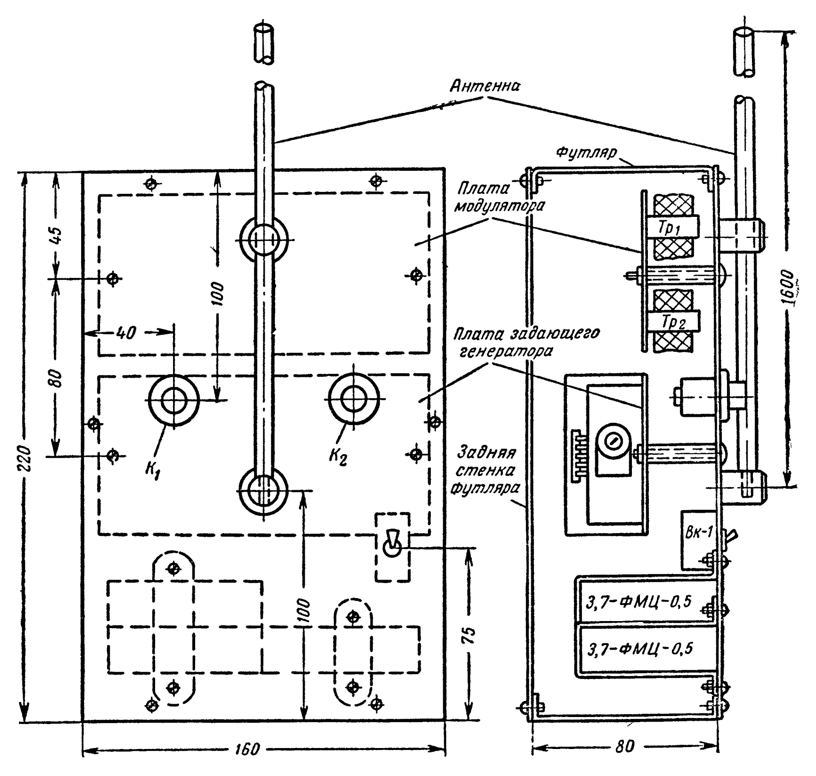


Рис. 362. Монтаж передатчика в футляре.

найдется металлическая коробка подходящих размеров, ее также можно использовать в качестве футляра, изменив соответственно размеры передней панели, но сохранив на ней то размещение деталей, которое мы рекомендуем (рис. 362).

Проверка работы всего передатчика производится при подключенной антенне с помощью индикатора напряженности поля (см. стр. 551), установленного на расстоянии 1—2 *м* от передатчика. Поскольку платы высокочастотного генератора и модулятора предварительно проверены и налажены, при включении питания стрелка прибора индикатора должна отклониться на несколько делений.

Это укажет на исправную работу передатчика. Подстрой индикатор по частоте — стрелка прибора отклонится за пределы шкалы. Отнеси индикатор на большее расстояние, так чтобы стрелка прибора оказалась примерно в средней части шкалы. Если же индикатор при включенном передатчике ничего не показывает, то неисправность ищи только в монтаже передней панели.

Окончательно проверить работу передатчика лучше всего с помощью осциллографа любого типа (рис. 363). Набрось на антенну

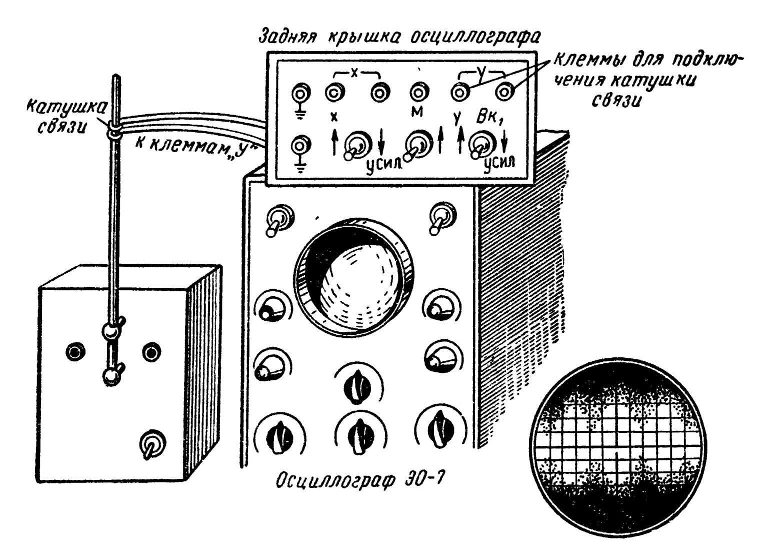


Рис. 363. Проверка работы передатчика с помощью осциллографа.

передатчика 2—3 витка провода в хлорвиниловой изоляции, а концы провода подключи непосредственно к отклоняющим пластинам осциллографа. При частоте развертки в 5—10 раз меньшей, чем частота модуляции, на экране осциллографа будет видна светящаяся полоса высотой 10—20 *мм*. Нажми одну из кнопок управления —светящаяся полоса промодулируется (будет «прорезана») более часто, а именно с частотой командного сигнала.

ПРОСТЕЙШАЯ ОДНОКАНАЛЬНАЯ ПРИЕМНАЯ АППАРАТУРА

Конструирование радиоуправляемых моделей советуем начинать с постройки одноканальной приемной аппаратуры, которая обеспечивает управление рулем поворота.

При установке аппаратуры на модель катера, например, управление сводится к следующему. При отсутствии командного сигнала,

посылаемого передатчиком, руль поворота находится в отклоненном положении и модель делает левые круги.

Во время приема аппаратурой командного сигнала срабатывает чувствительное реле приемника, включая цепь питания рулевой машинки. При этом руль начнет отклоняться в противоположном направлении от нейтрали — модель будет делать правые круги.

В случае подачи коротких командных импульсов продолжительностью 0,5—0,7 *сек* с такими же интервалами между ними руль поворота из-за инерционности рулевой машинки практически будет оставаться на месте. Таким образом, отклонив первоначально продолжительным командным сигналом руль поворота в нужное положение, например среднее, подачей чередующихся коротких импульсов можно заставить руль оставаться в любом положении.

Изменяя соотношение между продолжительностью командных импульсов и интервалами между ними, можно добиться большого разнообразия в маневрах модели катера: заставить ее плыть по прямой, делать правые и левые развороты любого радиуса, восьмерки, обходить препятствия и т. п. На рис. 364 показаны возможные варианты маневров модели катера и формы командных сигналов, соответствующих каждому маневру.

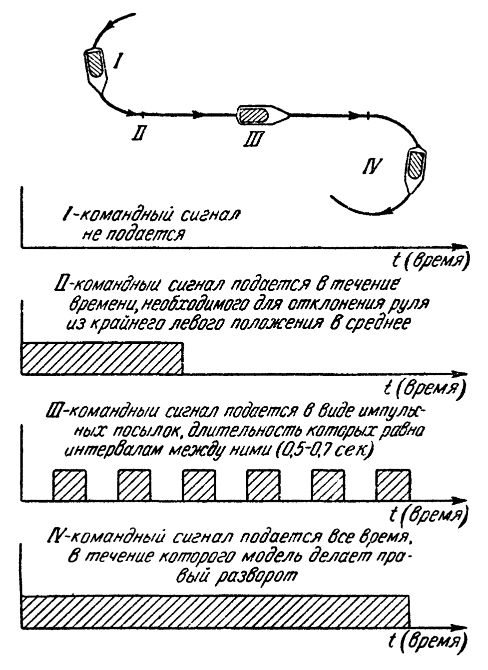


Рис. 364. Модель катера с одноканальной приемной аппаратурой может маневрировать.

Электрическая схема соединений аппаратуры на модели катера приведена на рис. 365. При внимательном рассмотрении схемы можно выделить три достаточно самостоятельных агрегата: 1) приемник с питающей его батареей $Б_1$ (две батарейки 3,7-ФМЦ-0,5); 2) электродвигатель с редуктором, приводящий во вращение гребной винт, и источник питания из двух последовательно соединенных батарей $Б_2$ и $Б_3$ (3,7-ФМЦ-0,5); 3) рулевая машинка, отклоняющая руль поворота на требуемый угол.

При выключенном выключателе $Вк_2$ тяговый электродвигатель $М_1$ не работает — гребной винт не вращается. При запуске модели выключатель $Вк_2$ должен быть включен, после чего тут же начинает

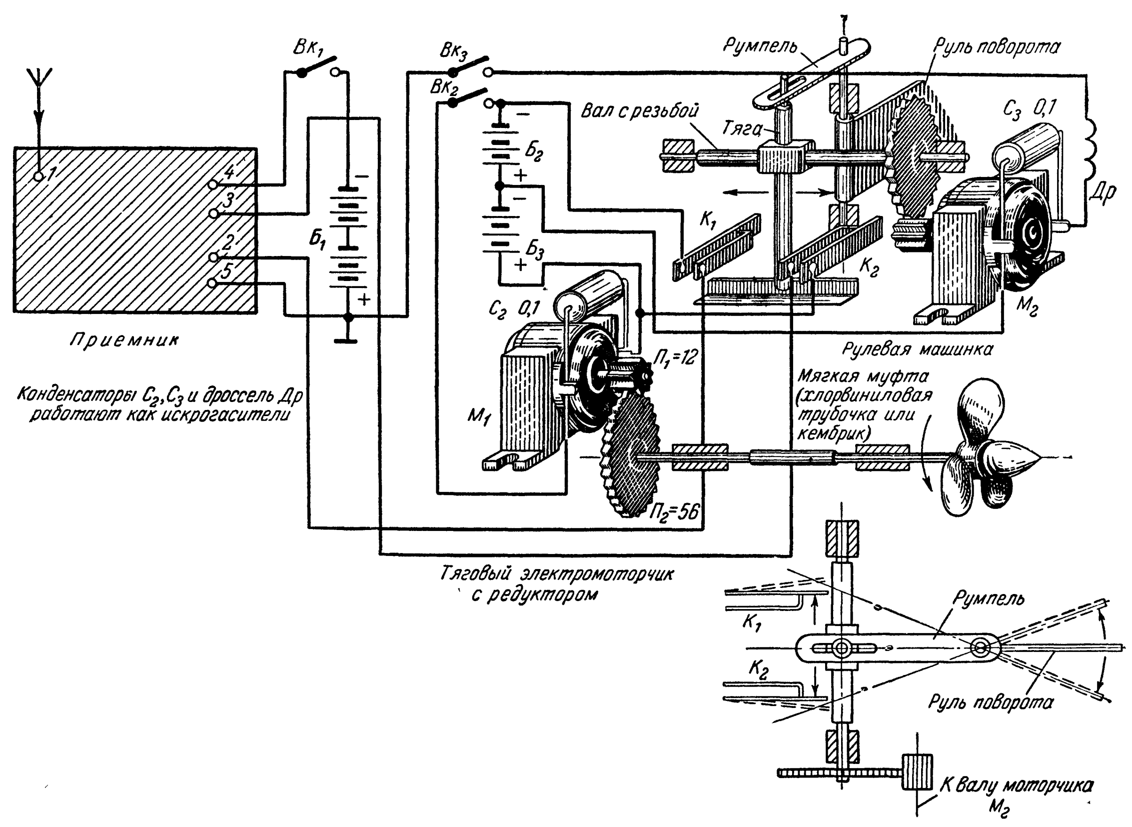


Рис. 365. Электрическая схема одноканальной аппаратуры модели катера.

вращаться гребной винт. В качестве электродвигателя используется микроэлектромоторчик мощностью до 5 *вт*. Но при такой мощности катер будет иметь недостаточную скорость. Поэтому на модели электродвигатель M_1 питается от двух батареек 3,7-ФМЦ-0,5, включенных последовательно. Правда, при этом значительно быстрее подгорают коллекторные щетки и моторчик приходится разбирать и прочищать.

Рассмотри теперь цепи включения и выключения электродвигателя M_2 рулевой машинки. При включении выключателя $Вк_3$ начинает работать электромоторчик M_2, и работает до тех пор, пока тяга не дойдет до концевого выключателя K_1 и не разорвет цепь питания электромоторчика M_2, как показано на рис. 365. Действительно, как только будет включен выключатель $Вк_3$, батарея $Б_2$ через нормально замкнутый контакт реле P_1 и контакт K_1 подключится к электромоторчику M_2. Моторчик начнет вращаться, перемещая тягу рулевой машинки в сторону концевого выключателя K_1. С тягой соединен румпель, поэтому руль поворота будет отклоняться влево до тех пор, пока цепь электромоторчика M_2 не разорвется концевым выключателем K_1. В этом состоянии рулевая машинка будет находиться до тех пор, пока приемник не примет командный сигнал, т. е. пока не сработает чувствительное реле P_1.

При срабатывании реле P_1 электромоторчик M_2 через нормально разомкнутый контакт реле P_1 и концевой выключатель K_2 подключится к батарейке $Б_3$, но с обратной полярностью по сравнению с предыдущим случаем. В результате ротор электромоторчика M_2 начнет вращаться в обратном направлении, перемещая руль поворота в сторону концевого выключателя K_2. Руль поворота начнет отклоняться вправо, пройдет нейтраль и остановится в крайнем правом положении, поскольку цепь питания электромоторчика M_2 разорвется концевым выключателем K_2.

Подавать командные импульсы нужной продолжительности вручную утомительно, а главное можно легко сбиться и модель сделает нежелательный маневр. Для автоматизации этого процесса сделай к передатчику пульсатор, принципиальная схема которого приведена на рис. 366.

Рекомендуемый пульсатор включает в себя обычный мультивибратор на транзисторах T_1 и T_2, усилитель тока на транзисторе T_3, электромагнитное реле *Р* и переключатель команд *Пк*. При включении выключателя *Вк* мультивибратор генерирует электрические импульсы с частотой 1 *гц*. В зависимости от положения переключателя команд *Пк* длительность импульсов может меняться и принимать следующие три значения: 0,2; 0,5 и 0,8 *сек*. Эти импульсы усиливаются транзистором T_3, нагрузкой которого является обмотка электромагнитного реле *Р*. Реле работает в режиме пульсации с частотой 1 *гц*.

Если контактные пластины реле *Р* подключить параллельно кнопке управления K_1 передатчика (см. рис. 355), то он автомати-

чески будет посылать радиосигналы в виде импульсов различной продолжительности. Импульсными посылками продолжительностью 0,2 или 0,8 *сек* ты можешь отклонить руль практически на любой угол соответственно влево или вправо, после чего ручку переключателя команд можно поставить на нейтраль — руль поворота будет сохранять ранее занятое положение, поскольку продолжительность посылки командного сигнала будет равна интервалу между сигналами. Для более точной подстройки пульсатора служит резистор R_6.

В качестве реле *Р* можно использовать любое электромагнитное реле, надежно срабатывающее при напряжении 4,5 *в*.

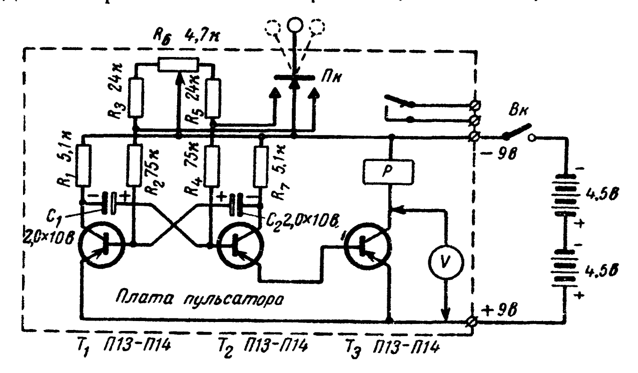


Рис. 366. Принципиальная схема пульсатора

Пульсатор собирается на отдельной плате и размещается непосредственно в футляре передатчика. Места там достаточно.

До того как вставлять плату пульсатора в футляр передатчика, проверь отдельно его работу. Для этого параллельно обмотке реле *Р* подключи головной телефон и подай питание от батареи с напряжением 8—9 *в*. При этом в телефоне должны четко прослушиваться щелчки с частотой 1 *гц*. Если их нет, то еще раз проверь правильность монтажа схемы мультивибратора. Если же щелчки прослушиваются достаточно громко, а реле не работает, то следует отключить реле и проверить, насколько четко оно срабатывает при напряжении 4,5 *в*. Снова подключи реле и проведи окончательную проверку работы выходного транзистора. Для этого параллельно транзистору T_3 включи вольтметр постоянного напряжения со шкалой 0—10 *в* (рис. 366). При правильно работающем пульсаторе стрелка прибора должна попеременно показывать напряжения 0—9 *в*, а реле *Р* четко срабатывать.

Использование одноканальной аппаратуры на модели планера обеспечивает полет модели по прямой, возможность делать правые и левые развороты, восьмерки, снижаться за счет скольжения на крыло и т. п. Управление моделью в этом случае происходит по схеме, приведенной на рис. 367.

При приеме аппаратурой командного сигнала срабатывает реле P, замыкая цепь исполнительного реле P_c. Вся кинематика отклонения руля поворота при срабатывании исполнительного реле

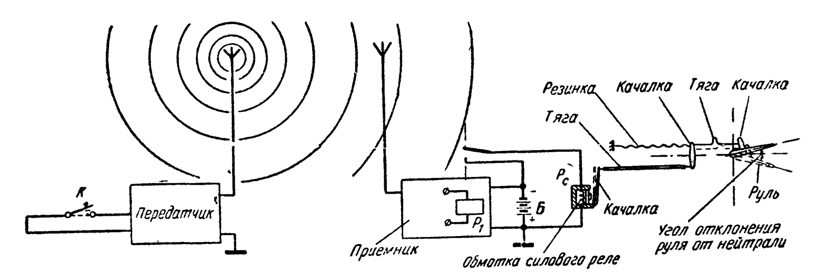


Рис. 367 Схема использования одноканальной аппаратуры на модели планера.

хорошо видна на рисунке. Разберись в ней сам. Единственное подскажем тебе, что при отсутствии командного сигнала руль поворота отклонен вправо за счет натяжения резинки.

В качестве исполнительного реле можно использовать обычное электромагнитное реле со снятой контактной системой. В этом слу-

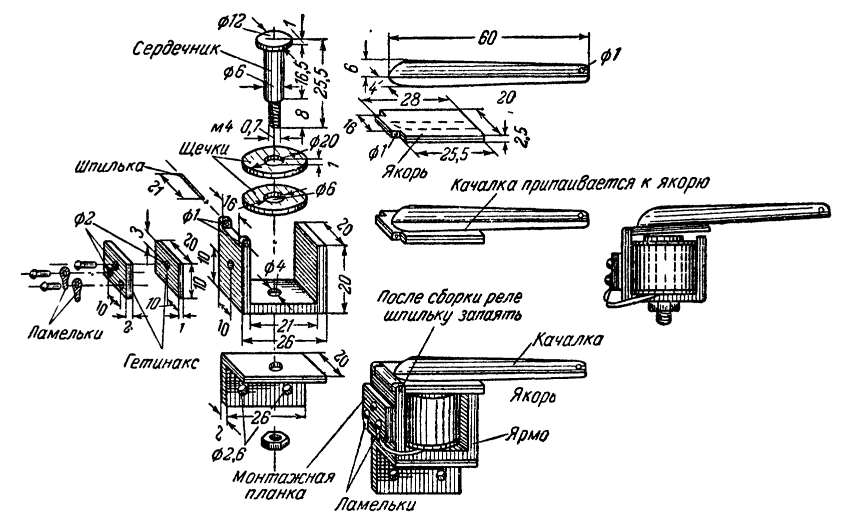


Рис. 368. Самодельное исполнительное реле.

чае к якорю реле припаивается качалка, которая через жесткую тягу отклоняет руль поворота.

Устройство самодельного исполнительного реле с качалкой показано на рис. 368. Все металлические детали рекомендуем делать из отожженной малоуглеродистой стали марки Ст. 0 или Ст. 2.

Щечки катушки выточи из любого изоляционного материала и клеем БФ-2 приклей к сердечнику. Качалку реле сделай из жести толщиной 0,3—0,4 *мм*.

Якорь необходимо хорошо подогнать к торцам сердечника и ярма, так как от этого зависит тяговое усилие, развиваемое реле.

Катушка наматывается проводом ПЭЛ 0,2 до заполнения. При этом сопротивление ее должно составлять 22—25 *ом*. На концы проводов надень хлорвиниловые трубочки. Катушки оберни двумя-тремя слоями лакоткани, а концы припаяй к ламелькам монтажной планки.

Хорошо отрегулированное реле при питании от одной батарейки для карманного фонарика развивает на конце тяги усилие 70—80 *г* при зазоре 1 *мм*. Ток, потребляемый реле, равен 200 *ма*.

Для крепления исполнительного реле к фюзеляжу модели сделай специальный уголок.

Приемник потребляет при отсутствии командного сигнала ток не больше 3—5 *ма*, а при приеме команды — в среднем не более 25 *ма*.

Вес приемника вместе с батареей питания не превышает 60—70 *г*.

Исполнительное реле обязательно следует питать от отдельной батареи, иначе работа приемника будет ненадежной.

Общий вес приемной аппаратуры, включая исполнительное реле и его батарейку питания, не превышает 200—210 *г*.

В качестве передатчика для работы с описанной аппаратурой можно использовать ранее описанный передатчик (рис. 355), правда с небольшой переделкой. Переделка сводится лишь к удалению из передатчика резисторов R_7 и R_8. Это приведет к тому, что при ненажатых кнопках управления K_1 и K_2 генератор звуковых частот работать не будет.

Работа приемной аппаратуры. На рис. 369 приведена принципиальная схема приемника, который собирается на четырех транзисторах. Каскад на транзисторе T_1 работает в сверхрегенеративном режиме, что обеспечивает приемнику необходимую чувствительность. Колебательный контур L_1C_2 настраивается на частоту 28—29,7 *Мгц*. Частота гашения сверхрегенератора определяется параметрами цепочки R_1C_4 и равна 60—100 *кгц*. Наивыгоднейший режим работы сверхгенератора подбирается резистором R_2, для чего его сопротивление в процессе налаживания приемника изменяется в пределах 2—15 *ком*. При этом следует добиваться от каскада максимальной чувствительности. Устойчивость работы сверхрегенеративного каскада достигается небольшим изменением емкости конденсатора C_3.

Командный сигнал, посланный передатчиком, наводится в антенне и через конденсатор C_1 подается в колебательный контур L_1C_2. Катушка L_1 имеет алюминиевый сердечник, которым изменяется ее индуктивность. С помощью этого сердечника производится

настройка колебательного контура приемника на частоту передатчика.

Выделенный колебательным контуром командный сигнал детектируется и усиливается транзистором T_1. В результате на резисторе R_1 выделяется огибающая несущей командного сигнала в виде напряжения звукового тока с частотой, равной частоте модуляции передатчика. К сожалению, на этом резисторе выделяется не только напряжение звукового тона, но и напряжение частоты гашения (60—100 *кгц*).

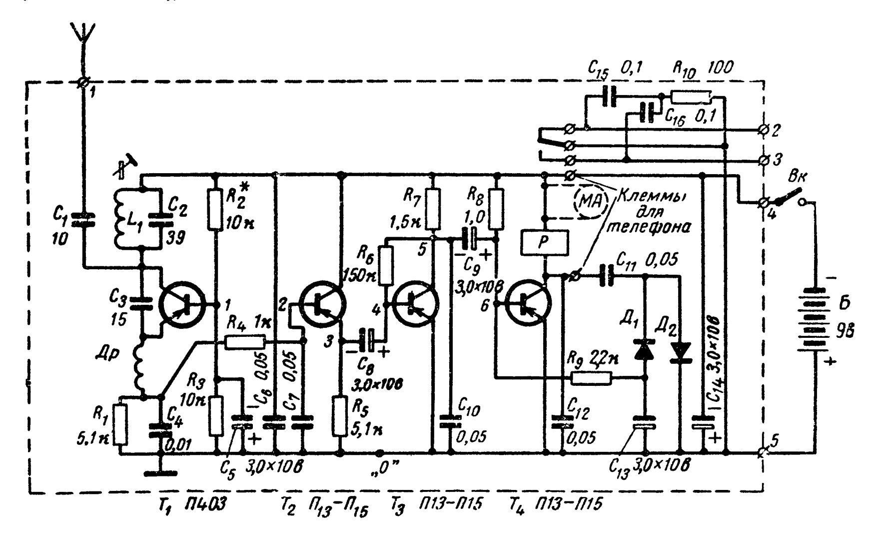


Рис. 369. Принципиальная схема одноканальной приемной аппаратуры.

Напряжение частоты гашения, как правило, по амплитуде значительно больше напряжения полезного сигнала. Поэтому между сверхгенератором и следующим каскадом ставится *RC*-фильтр (R_4C_7), который без потерь пропускает полезный сигнал и не пропускает напряжения частоты гашения. Если не ставить фильтра, то последующие каскады будут забиты напряжением частоты гашения и приемник не будет реагировать на командный сигнал. В хорошо налаженном сверхрегенеративном каскаде на выходе *RC*-фильтра напряжение полезного сигнала должно быть равно 3—5 *мв*. При всех измерениях малых напряжений следует пользоваться электронным осциллографом, калибруя его по звуковому генератору, о чем мы еще расскажем.

Выход фильтра соединен с эмиттерным повторителем. Напряжение на выходе эмиттерного повторителя полностью повторяет напряжение на выходе *RC*-фильтра с коэффициентом передачи 0,9. Если не ставить эмиттерного повторителя, а усилительный каскад, работающий по схеме с общим эмиттером, непосредственно подклю-

чить к выходу фильтра, то каскад на транзисторе T_3 нагрузит фильтр настолько значительно, что напряжение на его выходе упадет до 0,5—1 *мв*.

Каскад, собранный на транзисторе T_3, представляет собой обычный усилитель напряжения, обеспечивающий усиление полезного сигнала в 20—25 раз.

Выходной каскад приемника работает по несколько необычной схеме электронного реле. За счет введения в схему реле обратной связи чувствительность его возрастает до 2—3 *мв*. Это означает, что достаточно на вход электронного реле подать сигнал с частотой 200—2 000 *гц* и напряжением 2—3 *мв* как четко сработает реле *Р*.

Остановимся более подробно на работе электронного реле, так как оно в значительной степени определяет чувствительность приемника.

При отсутствии сигнала на входе электронного реле транзистор T_4 должен быть немного приоткрыт, для чего его база через резистор R_8 соединена с минусом источника питания. При этом миллиамперметр, включенный в коллекторную цепь транзистора, должен показывать ток 1—2 *ма*.

Поступающий на вход схемы полезный сигнал с напряжением 3—5 *мв* и частотой 200—2 000 *гц* усиливается транзистором T_4 в 15—20 раз. Усиленный сигнал через конденсатор C_{11} подается на выпрямительную ячейку $Д_1Д_2$ и C_{13}, работающую в режиме удвоения напряжения. Выпрямленный сигнал через резистор R_9 снова подается на базу транзистора и вводит его в режим насыщения.

Тебе известно, что в режиме насыщения транзисторы типа П13—П15 имеют проходное сопротивление эмиттер — коллектор не больше 1 *ом*, а в запертом состоянии это сопротивление равно 500 *ком*. Поэтому в режиме насыщения через обмотку реле *Р* будет течь ток, равный коллекторному напряжению ($U_к$ = 9 *в*), деленному на сопротивление обмотки реле.

Монтаж одноканального приемника. Чертеж монтажной платы одноканального приемника с разметкой всех отверстий на ней показан на рис. 370. Плата гетинаксовая или текстолитовая размером 100 × 65 и толщиной 1,5—1,8 *мм*. Детали на ней размещай и монтируй по рис. 371.

Катушка колебательного контура сверхрегенератора имеет точно такую же конструкцию, как катушка L_1 передатчика (см. рис. 358, *а*). Она должна содержать 10 витков провода ПЭЛ 0,4. Для удобства подстройки на сердечнике крепится ручка (рис. 371).

Электромагнитное реле любого типа, в том числе самодельное, срабатывающее от батарейки для карманного фонарика. Подойдут, например, реле типа РЭС-6 с сопротивлением обмотки 200 *ом*, типа РЭС-10 с сопротивлением обмотки 630 *ом*. К контактам реле обязательно подключи искрогасящие цепочки (на рис. 369 C_{15}, C_{16}, R_{10}). Без этих элементов при срабатывании реле между его контак-

тами будет проскакивать искра, на которую приемник также ложно реагирует.

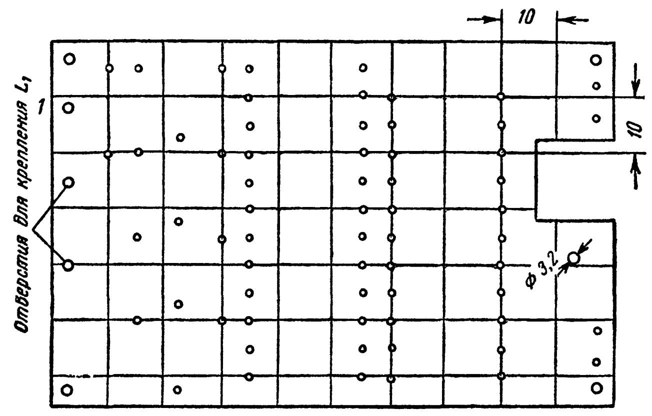


Рис. 370. Чертеж монтажной платы одноканального приемника.

Конденсаторы и резисторы — малогабаритные. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ типа Д2 или Д9 с прямым сопротивлением 20—100 *ом* и обратным не меньше 500 *ком*.

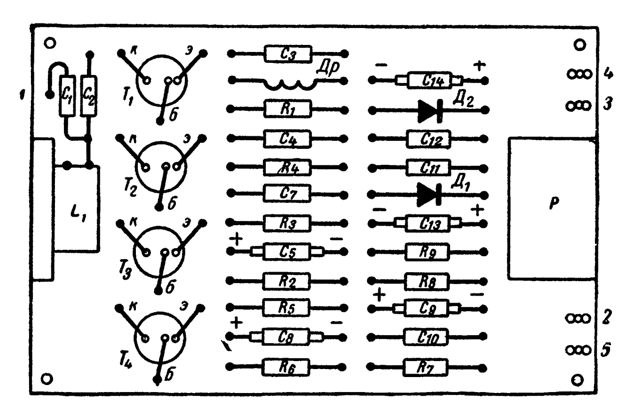


Рис. 371. Монтажная схема одноканального приемника.

Коэффициент усиления транзистора T_1 100—150, транзисторов T_2 — T_4 40—100. Ток $I_{к.о}$ транзисторов не больше 20 *мка*.

Выводные провода для подключения к приемнику батарей питания и исполнительного реле делай многожильным медным проводом толщиной 0,14—0,35 *мм* в хлорвиниловой изоляции. Чтобы во время эксплуатации аппаратуры выводные концы не ломались

в местах спая с ламельками, на каждое место спая плотно надевай хлорвиниловую трубочку.

Антенна приемника — кусок многожильного провода в хлорвиниловой изоляции длиной 60—100 *мм*.

Желательно поместить приемник в коробку из целлулоида или органического стекла.

Наладка одноканального приемника. Батарейки, питающие приемник, должны быть обязательно свежими. Батарейку можно считать свежей, если при нагрузке сопротивлением 10—15 *ом* она будет давать напряжение не менее 4,3 *в*. В противном случае использовать ее в аппаратуре нельзя. Если наладка приемника затянется, то через каждые 30—40 *мин* проверяй напряжение источника питания. Разрядившиеся батарейки меняй.

Наладку приемника начинай с проверки режимов работы транзисторов по постоянному току. Для этого включи питание тумблером *Вк* и проверь напряжение в точках *1*, *2*, *3*, *4*, *5* и *6* по отношению к общему проводу *0* (показаны на схеме на рис. 369).

Напряжение в точке *1* должно быть 1,5—2 *в*, в точках *2* и *3* 1,3—1,6 *в*, в точках *4* и *6* 0. Напряжение в точке *5* не должно превышать 4—5 *в*. Если оно слишком велико, то следует уменьшить сопротивления резистора R_6. Напряжение на коллекторе транзистора T_4 должно быть 8,5—9 *в*. Если напряжение в этой точке меньше, значит слишком приоткрыт транзистор T_4. В этом случае надо увеличить сопротивление резистора R_8.

Проверку приемника на прохождение командного сигнала следует начинать с работы электронного реле. Для этого включи в коллекторную цепь транзистора T_4 миллиамперметр со шкалой 0—50 *ма*. При отсутствии на входе схемы командного сигнала прибор должен показывать ток 1—2 *ма*. Подключи временно параллельно R_8 резистор сопротивлением 2—5 *ком*. Прибор отметит увеличение тока до 20—25 *ма*, в результате чего должно четко сработать электромагнитное реле. Отсоедини этот резистор — ток коллектора упадет до 1—2 *ма*, реле выключится.

Подключи в точке *6* через электролитический конденсатор емкостью 3 *мкф* звуковой генератор и подай с него на схему сигнал с напряжением 5 *мв* и частотой 200—2 000 *гц*. Миллиамперметр снова должен показать увеличение коллекторного тока до 20—25 *ма*; тогда, значит, электронное реле работает исправно.

Проверка работы третьего каскада приемника сводится к следующему. К точкам *5*—0 подключается вольтметр переменного напряжения со шкалой 0—1 *в* (обычный тестер). На вход каскада в точку *4* со звукового генератора подается напряжение 10 *мв* с частотой 200—2 000 *гц*. Волвтметр должен показать напряжение 0,3—0,4 *в*. Разделив показания вольтметра на напряжение входного сигнала, получишь значение коэффициента усиления этого каскада. При отключенном звуковом генераторе вольтметр должен показывать отсутствие переменного напряжения.

Для проверки работы второго каскада на его вход от звукового генератора, также через электролитический конденсатор, надо подать тот же сигнал, что и для проверки третьего каскада. Вольтметр, подключенный к точкам *5*—0, должен показать напряжение, на 5—10% меньшее, чем в предыдущем случае. Далее подсчитывается коэффициент передачи эмиттерного повторителя, который равен 0,9—0,95.

Последним проверяется сверхрегенеративный каскад по методике, которая нами рассматривалась при разборе принципа работы

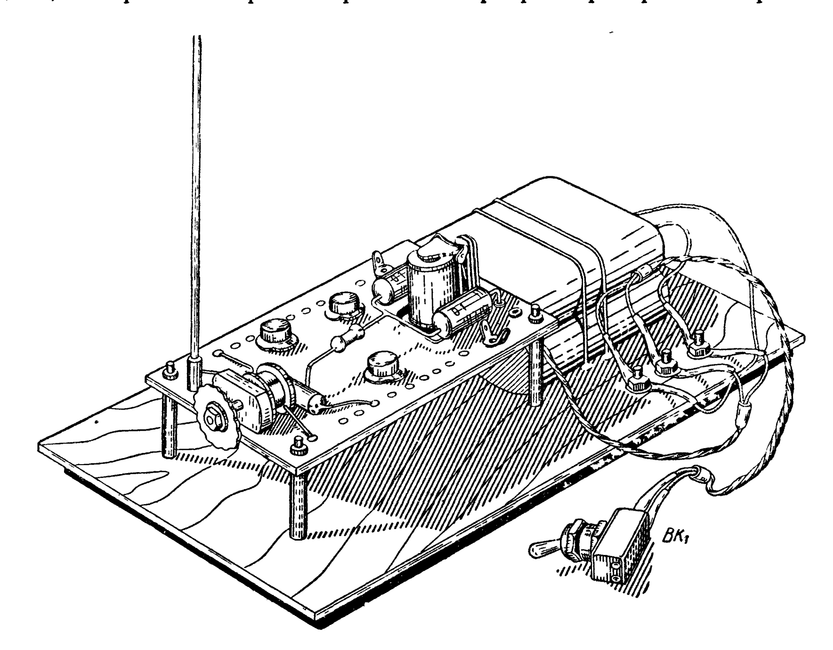


Рис. 372. Одноканальный приемник, установленный на испытательном стенде.

сверхрегенератора. Включи параллельно обмотке реле *Р* телефон. Ты должен прослушивать достаточно громкий шум, если сверхрегенератор работает.

Для совместных испытаний приемника с передатчиком приемник установи на специально сделанный из фанеры стенд, показанный на рис. 372. В качестве антенны используй латунный прутик диаметром 2 *мм* и длиной 30 *см*. Сердечник подстройки контура установи в среднем положении.

Отнеси стенд на расстояние 3—5 *м* от передатчика. Подавая непрерывно передатчиком командный сигнал, настрой приемник на его частоту. Если перемещением сердечника настроиться не удастся, изменяй емкость конденсатора C_2. При настроенном прием-

нике в телефонах будет прослушиваться громкий звуковой тон командного сигнала.

После такой тщательной проверки приемника его можно ставить на модель — он не подведет!

ДВУХКАНАЛЬНАЯ ПРИЕМНАЯ АППАРАТУРА

Принципиальная схема двухканальной приемной аппаратуры дана на рис. 373. Всмотрись внимательно в схему. Она тебе должна быть хорошо знакома.

Сверхрегенеративный каскад и цепочка *RC*-фильтра (R_4C_7) полностью взяты из схемы одноканальной аппаратуры (см. рис. 369). Второй и третий каскады — усилитель напряжения с обратной связью, работа которого разбиралась выше. За усилителем идут ограничитель напряжения и *LC*-фильтры с электронными реле, заимствованные из приемной аппаратуры для управления моделью звуком.

У тебя может возникнуть вопрос: зачем в этой схеме усилитель на двух транзисторах? Разве недостаточно однотранзисторного усилителя, как в схеме на рис. 369? Нет, недостаточно. Дело в том, что ограничительный каскад для своей нормальной работы требует, чтобы входной сигнал был не меньше 200 *мв*. На выходе *RC*-фильтра (R_4C_7) напряжение равно 3—5 *мв*. Раздели 200 *мв* на 3 *мв* — ты получишь примерно 70. Такой коэффициент усиления должен иметь усилитель по схеме на рис. 373, чего трудно требовать от усилителя напряжения на одном транзисторе.

С выхода каскада ограничителя напряжения сигнал поступает одновременно на два *LC*-фильтра.

Питается приемник от батарейки типа «Крона» или двух батареек для карманного фонарика, включенных последовательно, потребляя ток около 20 *ма*.

При работе от описанного выше передатчика приемник надежно работает в радиусе 1—1,5 *км*.

Приемник монтируется на гетинаксовой плате размером 100 × × 65 и толщиной 2—2,5 *мм* точно так же, как одноканальный приемник. Конденсаторы и резисторы — малогабаритные.

Конструкция и данные контурной катушки L_1 и высокочастотного дросселя *Др* точно такие же, как у аналогичных деталей одноканальной аппаратуры. Катушки L_2 и L_3 фильтров ничем не отличаются от катушек L_1 и L_2 фильтров приемника управляемой звуком модели (см. стр. 459).

Реле P_1 и P_2 — самодельные или любые другие малогабаритные, срабатывающие от батарейки для карманного фонарика.

Антенну приемника сделай из куска многожильного провода в хлорвиниловой изоляции толщиной 0,14—0,3 *мм* и длиной 60—100 *см*.

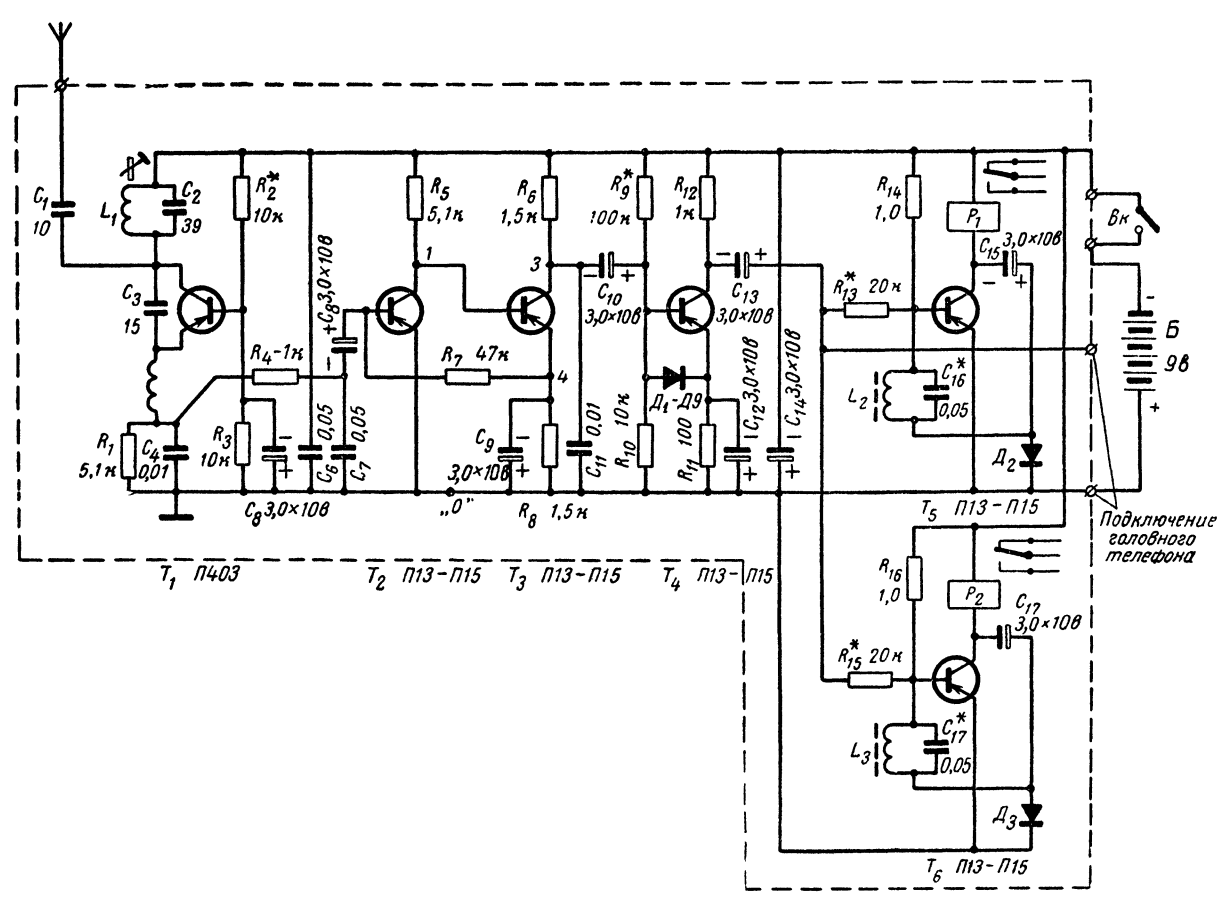


Рис. 373. Принципиальная схема двухканальной аппаратуры.

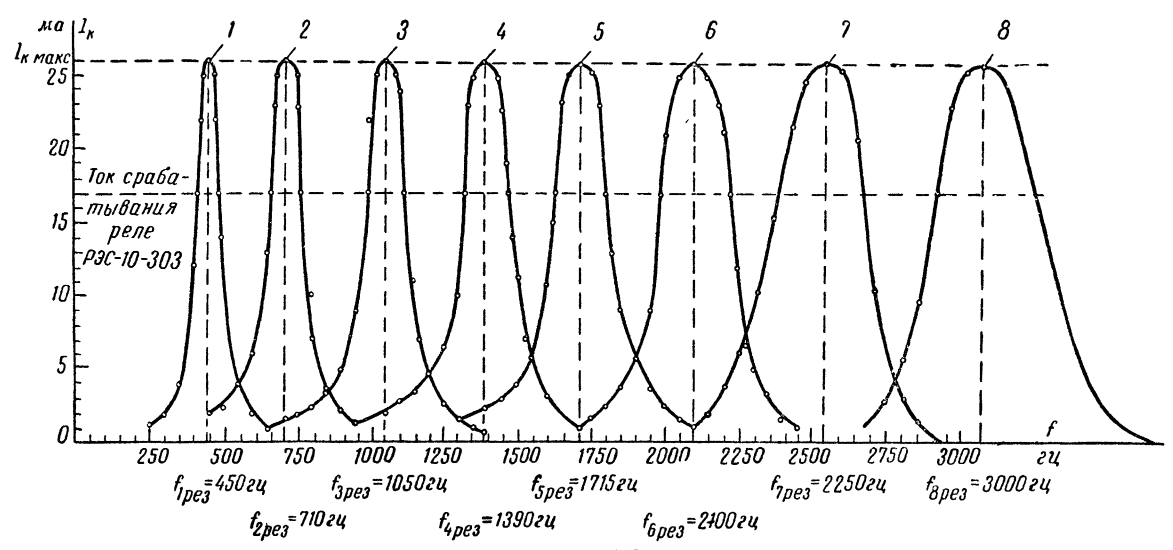


Рис. 374. Кривые резонансных характеристик *LC*-фильтров восьмиканальной аппаратуры.

Готовый приемник помещается в футляр из органического стекла толщиной 1,5 *мм*, защищающий его от механических повреждений. На одной из стенок футляра укрепи две ламельки, которые будут служить выводами для подключения телефона при наладке аппаратуры в полевых условиях.

Налаживание. Налаживание приемника, как и приемника управляемой звуком модели, начинай с проверки и настройки *LC*-фильтров на звуковые частоты передатчика (см. стр. 460). Эту работу можешь считать законченной, если частотные характеристики фильтров окажутся близкими к кривым *3* и *7*, показанным на рис. 374. Резонансные кривые *1*, *2*, *4—6* и *8*, приведенные на этом рисунке, относятся к фильтрам восьмиканальной аппаратуры.

Рис. 375. Плата приемника и плата с дополнительными *LC*-фильтрами.

При налаживании ограничительного каскада на транзисторе T_4 строго придерживайся методики налаживания такого же каскада приемника управляемой звуком модели.

Наладка сверхрегенеративного и усилительного каскадов производится в той же последовательности, что и в приемнике одноканальной аппаратуры. Напряжение в точках *1—0* равно 2 *в*, в точках *3—0*—6 *в* и в точках *4—0*—1,9 *в*.

Окончательная настройка аппаратуры производится при одновременной работе приемника и передатчика по методике, описанной на стр. 488.

Если для управления моделью тебе потребуется число каналов управления больше 2, то изготовь еще одну плату таких же размеров, как у приемника, и смонтируй на ней дополнительные *LC*-фильтры. Эту плату с фильтрами свинти с платой приемника, как показано на рис. 375. Общее число команд может быть до 8. В этом случае и в передатчике придется сделать небольшие дополнения — установить две кнопки управления и рычаг управления. Восьми каналов управления будет вполне достаточно для любой модели, какой бы сложной ты ее ни задумал.

○

ФОТОТЕЛЕГРАФИЯ И ТЕЛЕВИДЕНИЕ

Читая свежий номер центральной газеты, мы иногда можем увидеть снимок, сделанный накануне где-то на Дальнем Востоке и даже на другом континенте. Каким образом этот снимок так быстро попал в редакцию газеты? На этот вопрос отвечает подпись под снимком: «Принято по фототелеграфу».

Фототелеграфия — передача по проводам или по радио неподвижных изображений: фотографических снимков, писем, рисунков, чертежей, различных документов...

Во многих квартирах, домах и клубах больших городов и прилегающих к ним районов ежедневно вспыхивают экраны телевизоров. Появляется изображение диктора...: «Здравствуйте, товарищи! Начинаем наши передачи. Сегодня вы увидите...» И миллионы людей смотрят кинофильмы, спектакли, спортивные состязания, слушают концерты, оперы, становятся как бы участниками праздничных шествий, важнейших событий страны, учатся. Телевидение позволяет побывать в цехах заводов, на колхозных полях, в музеях, на выставках, стройках, заглянуть в лаборатории ученых, морские глубины, Космос.

Фототелеграфия, телевидение, интервидение, космовидение — плоды трудов многих ученых, инженеров и конструкторов и в первую очередь изобретателя радио А. С. Попова и создателя фотоэлемента А. Г. Столетова.

КАРТИНКА ИЗ ТОЧЕК

Ты, конечно, хорошо знаешь детскую игру — кубики с наклеенными на их стороны кусочками разрезанной картинки. Каждый такой кусочек в отдельности не дает полного представления о картинке. Картинка получается только тогда, когда кубики будут сложены в строгом порядке.

Картинку можно разрезать на очень большое число кусочков, а затем, сложив их в определенном порядке, снова получить ту же картинку. Кусочки картинки могут быть столь мелкими, что они будут выглядеть точками с окраской различной плотности. Но все же из этих светлых, темных и черных точек, являющихся элементами изображения, можно составить целую картинку.

Посмотри на любой снимок в газете. Даже без увеличительного стекла видно, что он состоит из точек разной величины. Это виден так называемый р а с т р — след сетки, которую во время фотографирования изображения в цинкографии помещают перед фотографической пластинкой. Один из таких снимков, увеличенный в несколько раз, показан на рис. 376. Вблизи он кажется беспорядочным нагромождением белых и черных пятен. Отодвинь его подальше, и все эти пятна сольются в единое четкое изображение.

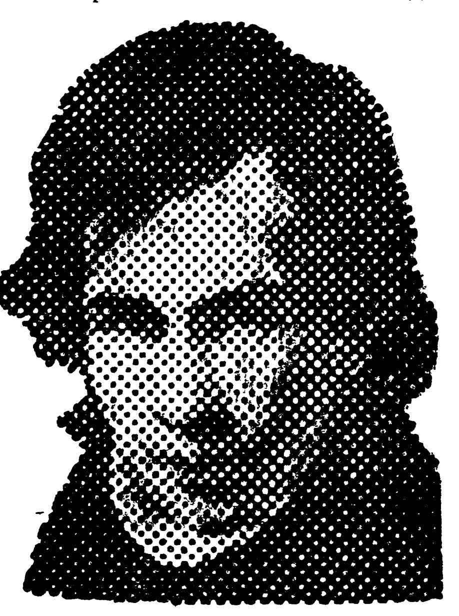


Рис. 376. Увеличенный отпечаток с растрового клише.

Любое изображение можно представить себе состоящим из множества отдельных, но расположенных в строгом порядке точек — световых элементов.

Тот или иной предмет мы видим только тогда, когда он светится сам или освещен каким-либо внешним источником света. Белые или светлые точки предмета отражают лучи света лучше, чем серые или темные. Черные же точки предмета не отражают лучи света, а поглощают их. Отраженные от предмета лучи попадают на сетчатку глаза и раздражают ее, что мы воспринимаем как изображение предмета.

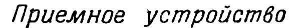
ПЕРЕДАНО ПО ФОТОТЕЛЕГРАФУ

Изображение предмета или картинку можно расчленить, или, как говорят, р а з л о ж и т ь на множество полосок одинаковой ширины — строк. Тогда каждая строка будет представлять собой узкую дорожку, состоящую из темных и светлых пятен. Если узким пучком света, равным по ширине строке, облучать последовательно одну за другой строки изображения, подобно тому как, читая книгу, мы пробегаем глазами ее строки, а отраженные лучи света направить на фотоэлемент, то они будут преобразованы в электрический ток. Лучи света, отраженные светлыми участками изображения, создадут фототоки большей величины, чем отраженные темными участками. Мы получим ряд электрических импульсов-сигналов,

следующих друг за другом в порядке расположения элементов изображения в строках. Эти электрические сигналы несложно передать по проводам или по радио. На приемном пункте они будут преобразованы в отдельные светящиеся точки различной яркости и (уже на фотографической бумаге) расположены в том же порядке, в каком они находились на передаваемом изображении.

Схематично технику фототелеграфии можно представить себе так. На передающей фототелеграфной станции фотоснимок, рисунок,

Передающее устройство



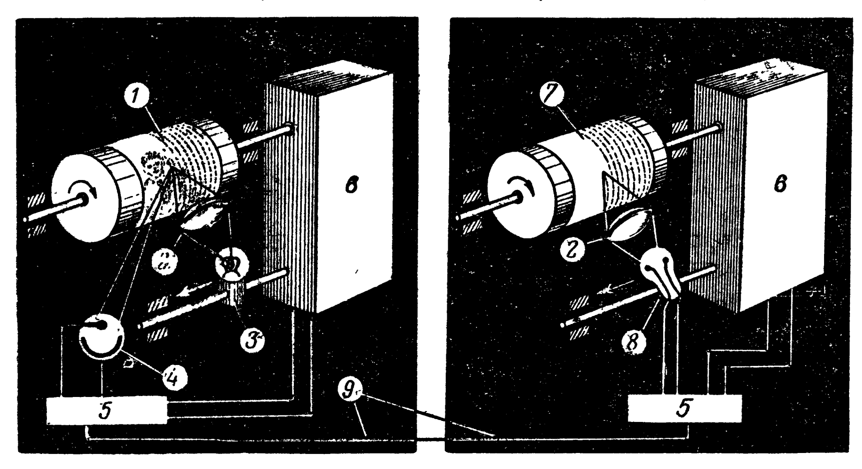


Рис. 377. Схема передачи и приема изображений по фототелеграфу.

1 — передаваемое изображение; 2 — линза; 3 — осветитель; 4 — фотоэлемент; 5 — усилители; 6 — синхронизирующие и фазирующие устройства; 7 — фотобумага; 8 — газосветная лампа; 9 — линия связи.

чертеж или документ, который надо передать, укрепляют на круглом барабане (см. левую часть рис. 377). Во время передачи барабан вращается с постоянной скоростью. Вдоль оси барабана, также с постоянной скоростью, медленно перемещается электрическая лампочка. Лучи света собираются линзой в узкий пучок и направляются на барабан. На снимке образуется очень маленькое, но яркое световое пятнышко величиной с типографскую точку. Разумеется, посторонний свет на снимок не попадает.

Поскольку барабан вращается, а осветительная лампочка с линзой перемещается вдоль барабана, световое пятнышко последовательно освещает все участки снимка, подобно тому как резец токарного станка проходит по поверхности цилиндрической детали.

Световой «зайчик», отраженный от поверхности снимка, попадает на фотоэлемент и преобразуется им в электрический ток. Интенсивность света, падающего на фотоэлемент, зависит от того,

каким участком снимка он отражен. В зависимости от этого изменяется и величина тока фотоэлемента: светлые участки снимка создают большой фототок, серые — меньший, а черные — еще меньший. Возникшие при этом в цепи фотоэлемента электрические колебания усиливают и передают по проводной линии связи или модулируют ими колебания высокой частоты, если снимок передается по радио.

На приемной фототелеграфной станции (см. правую часть рис. 377) имеется точно такой же, как на передающей станции, медленно вращающийся барабан. На нем укреплен лист фотобумаги. Вдоль барабана перемещается газосветная лампочка, лучи которой фокусируются и направляются на фотобумагу, прикрепленную к барабану.

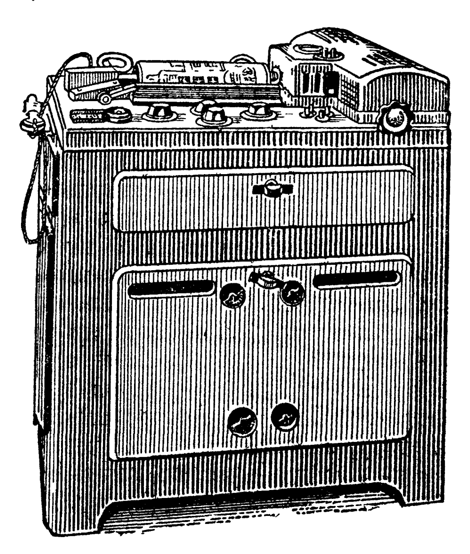


Рис. 378. Фототелеграфный аппарат.

Газосветная лампочка включена на выход усилителя сигналов, получаемых от передающей станции. Поэтому светится она с переменной силой, как бы мигая в такт с изменениями подходящих сигналов. Световое пятнышко при этом описывает на листе фотобумаги спиральную линию, которая постепенно проходит по всей его поверхности. Таким образом, электрические колебания, посланные передающей станцией, преобразуются в световые сигналы, создавая на фотобумаге скрытое фотографическое изображение. Остается только проявить и закрепить снимок, чтобы получить копию переданного изображения.

Практически запись изображения на фотобумаге на приемной фототелеграфной станции осуществляется несколько иначе. Лампа горит с постоянной яркостью, а создаваемый ею пучок света проходит через специальное устройство — м о д у л я т о р, «прозрачность» которого изменяется в такт с колебаниями электрических сигналов: при сильных сигналах, соответствующих светлым участкам передаваемого изображения, «прозрачность» модулятора уменьшается и свет на фотобумагу совсем не попадает, а при слабых сигналах, соответствующих темным или черным участкам передаваемого изображения, «прозрачность» модулятора увеличивается, световое пятнышко становится ярким и сильнее «засвечивает» фотобумагу.

Осветители передающего и приемного аппаратов на самом деле не движутся вдоль барабанов, а стоят на месте; при помощи оптических устройств перемещается только световой «зайчик».

В передающем устройстве, кроме того, пучок света, падающий на изображение, наложенное на барабан, перекрывается примерно таким же обтюратором, как в киноаппарате, 1 300—1 700 раз в секунду: ток, пульсирующий с такой частотой, проще усиливать.

Чтобы принятое изображение не было искажено, необходима точная согласованность в работе механизмов, вращающих барабаны и смещающих световые «зайчики» передающего и приемного аппаратов. Эти механизмы должны работать синхронно и синфазно. Это значит, что световые пятнышки обоих аппаратов должны с одинаковой скоростью скользить по поверхности барабанов и за один оборот барабанов смещаться точно на длину, равную диаметру светового пятнышка. Такая синхронизация обеспечивается специальными сигналами синхронизации, посылаемыми передающей станцией вместе с сигналами изображения.

Аппарат, установленный на фототелеграфе, является одновременно и передающим, и принимающим. Переход с передачи на прием осуществляется переключателем. Внешний вид одного из фототелеграфных аппаратов показан на рис. 378.

Фототелеграфия в нашей стране стала важнейшим средством связи. Во многих городах на телеграфе ты можешь видеть объявление о приеме «фототелеграмм». Сюда можно принести фотоснимок, рисунок, чертеж, письмо. А через несколько минут в другом городе точная фотографическая копия этого послания будет вручена почтальону для доставки адресату.

ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

В основе телевидения также лежит принцип разложения изображений на световые элементы и преобразования их в электрические сигналы. Сама же техника передачи движущегося телевизионного изображения многое заимствовала у кинотехники и свойств нашего зрения.

Вспомни кусок киноленты, которую ты, вероятно, не раз рассматривал. Кинолента состоит из отдельных, следующих друг за другом кадров — снимков, сделанных через небольшие промежутки времени. При киносъемке движущийся предмет фотографируют 24 раза в секунду. Каждый кадр — это фотоснимок, изображающий предмет на одной из стадий его движения. Полнометражная кинокартина, которая идет около 1,5 *ч*, слагается более чем из 100 000 таких кадров.

При демонстрации кинофильма все эти неподвижные изображения-кадры в той же последовательности и при той же скорости, с какой они снимались, проецируются на экран. А чтобы смена кад-

ров была для нас незаметной, свет кинопроектора на это время перекрывается обтюратором, и неподвижные картинки «оживают» перед нами: движутся люди, качаются деревья, стремительно проносятся поезда и автомобили.

Происходит такое «оживление» картинок потому, что наши глаза сохраняют увиденное изображение в течение некоторого времени после того, как оно исчезло. Это явление можно проиллюстрировать на таких знакомых тебе примерах. Если в темноте быстро вращать по кругу тлеющую спичку или фонарик, то ты увидишь светящееся кольцо. Вспышка молнии длится малую долю секунды. Однако при ее свете мы успеваем рассмотреть даже самые мелкие детали местности. Объясняется это тем, что глаза сохраняют «в памяти» исчезнувшее изображение. Это свойство глаз называют инерционностью зрения.

Рис. 379. Телевизионные изображения различной четкости.

Во время демонстрации фильма кадры сменяются настолько быстро, что каждое последующее изображение появляется в то время, когда еще не исчезло из памяти предыдущее.

Телевизионное изображение также представляет собой чередующиеся кадры — изображения различных стадий движения диктора, актера или какого-либо предмета. Но каждый кадр передается и воспроизводится телевизионным приемником не целиком, как в кино, а по частям — по строкам и световым элементам, подобно тому как это происходит в фототелеграфии. При этом каждый кадр разбивается на несколько сотен горизонтальных строк. Если бы мы световой пучок от газосветовой лампы или светового модулятора приемного фототелеграфного аппарата направили не на фотобумагу, а на экран и смогли заставить световой «зайчик» скользить по экрану с такой скоростью, чтобы за 1 *сек* он успевал много раз пробежать по всем строкам изображения, то мы получили бы слитное изображение. Но механизмы фототелеграфных аппаратов из-за своей «неповоротливости» не могут работать с такими большими для них скоростями. Для разложения передаваемого изображения на кадры, строки и световые элементы и воспроизведения этого изображения в телевизионном приемнике пригодны только безынерционные приборы — электронно-лучевые трубки.

Четкость телевизионного изображения зависит от числа строк, на которое расчленяется передаваемое изображение. Чем больше это число, тем отчетливее изображение, тем выше качество телевизионной передачи. Для примера на рис. 379 показаны три телевизионных изображения, переданных с различным числом строк. Верхнее изображение передавалось с разложением на 30 строк, левое нижнее — на 60 строк, правое — на 120 строк. По этому рисунку можно судить о том, как с увеличением числа строк возрастает четкость телевизионного изображения. Телевизионные станции Советского Союза ведут передачи с разложением изображений на 625 строк, что соответствует примерно 500 тыс. световых элементов.

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТРУБКА

На экранах телевизоров изображение получается с помощью электронно-лучевых трубок, называемых также кинескопами.

Вести прием изображений при помощи таких электронных устройств предложил профессор Петербургского технологического института Борис Львович Розинг еще в 1907 г. А в 1911 г. он построил модель приемника, на котором впервые в мире изображение было «нарисовано» электронным лучом.

Электронно-лучевая трубка (рис. 380) представляет собой стеклянный баллон с сильным разрежением воздуха внутри. Экраном служит плоская широкая часть трубки, покрытая с внутренней

стороны тонким слоем люминофора — полупрозрачного вещества, светящегося под ударами электронов. На противоположном конце узкой части трубки — цоколь со штырьками, через которые подаются напряжения на электроды трубки.

Катод электронно-лучевой трубки подобен подогревному катоду электронной лампы. Он окружен металлическим цилиндром с небольшим отверстием посредине, через которое вылетают излучаемые катодом электроны. Это управляющий электрод трубки. Неподалеку от него расположен первый анод, имеющий форму полого цилиндра. На этот анод относительно катода подается положительное напряжение, под действием которого электроны, излучаемые катодом, получают ускорение.

За первым анодом находится второй. Это может быть полый цилиндр или токопроводящее покрытие, нанесенное на внутреннюю

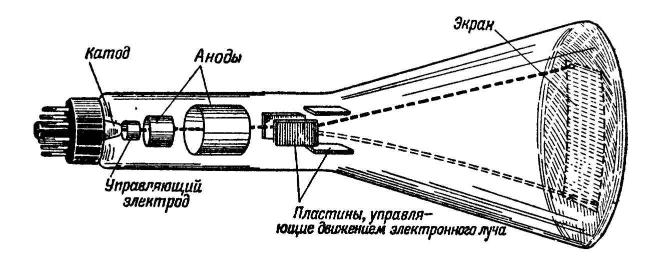


Рис. 380. Устройство электронно-лучевой трубки.

поверхность горловины трубки. На него подается еще более высокое положительное напряжение, чем на первый анод. Электроны, пролетая его, приобретают еще бо́льшую скорость движения к экрану.

Напряжения на электродах трубки подбирают так, что между электродами образуется электрическое поле, обладающее свойством собирать электроны, излучаемые катодом, в узкий пучок — луч. В месте падения электронного луча на экран трубки все электроны сходятся в одну точку, подобно тому как собираются солнечные лучи, прошедшие через двояковыпуклую линзу.

Под действием ударов электронов вещество экрана светится — на нем появляется светящаяся точка. Она тем ярче, чем больше электронов в луче и чем больше их скорость. Всю систему, состоящую из катода, управляющего электрода и анодов, называют электронным прожектором.

Управляющий электрод электронно-лучевой трубки играет такую же роль, как и управляющая сетка электронной лампы. На него подается напряжение принятых телевизионных сигналов изображения, изменяющих «плотность» электронного луча и, следовательно, яркость светящейся точки на экране.

Между анодами и экраном трубки размещены еще четыре пластины, носящие название отклоняющих электродов. Они

образуют два плоских конденсатора, электрические поля которых расположены перпендикулярно друг другу. Подавая напряжение на горизонтальные пластины, можно отклонить электронный луч вверх или вниз и светящуюся точку на экране также вверх или вниз, т. е. по вертикали. Это — пластины вертикального отклонения луча. Вторая пара пластин, расположенных вертикально, образует конденсатор, позволяющий электронный луч и светящуюся точку на экране перемещать в горизонтальном направлении вправо или влево. Это — пластины горизонтального отклонения луча.

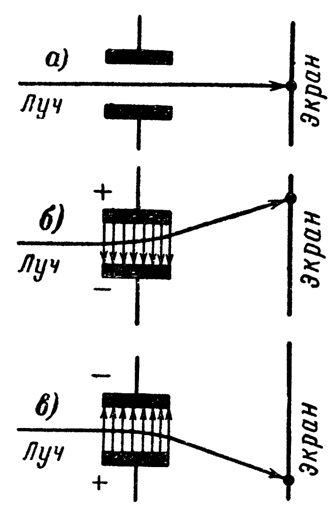


Рис. 381. Отклонения электронного луча под действием электрических полей.

Как, почему происходит отклонение луча?

Возьмем только пластины вертикального отклонения электронного луча (рис. 381). Пока на пластинах нет напряжения (рис. 381, *а*), электронный луч идет прямолинейно, создавая в центре экрана светящуюся точку. А если на пластины подать постоянное напряжение? Между ними возникнет электрическое поле (рис. 381, *б*). Электронный луч теперь уже не пойдет прямолинейно. Так как его отталкивает отрицательно заряженная пластина и притягивает положительно заряженная, он отклонится в сторону положительно заряженной пластины и светящаяся точка на экране переместится вверх. Отклонение луча будет тем больше, чем больше разность потенциалов на пластинах. А если заряды на пластинах поменять местами? Между пластинами изменится направление электрического поля, и электронный луч отклонится в другую сторону — светящаяся точка на экране переместится вниз (рис. 381, *в*).

А что получится, если на пластины подать не постоянное, а переменное напряжение? Не торопись, подумай! В этом случае электронный луч станет непрерывно прочерчивать экран снизу вверх и сверху вниз — на экране появится узкая вертикальная светящаяся полоска. Исчезнет переменное напряжение на пластинах, и светящаяся полоска снова превратится в точку, расположенную в центре экрана.

Точно так же воздействует на электронный луч и напряжение на вертикальных пластинах, с той лишь разницей, что оно отклоняет электронный луч вправо и влево в горизонтальном направлении.

При приеме телевизионного изображения электронный луч прочерчивает экран трубки построчно сверху вниз, как мы читаем страницу книги. Прочертив слева направо первую (верхнюю) строку,

он должен быстро возвратиться налево, но немного ниже первой строки и прочертить вторую строку, затем точно так же третью, четвертую строки и т. д. Когда электронный луч прочертит последнюю (нижнюю) строку, на экране будет закончен прием первого кадра. После этого луч вновь начнет прочерчивать строку за строкой, но уже следующего кадра. И так 25 кадров в секунду.

Чтобы луч чертил на экране строго прямолинейные строки, на обе пары отклоняющих пластин нужно подать от двух генераторов напряжения разной частоты, изменяющиеся по кривым, имеющим пилообразную форму (рис. 382). От обычного переменного напряжения пилообразное отличается тем, что его величина падает значительно быстрее, чем возрастает, причем изменения происходят не по кривым, а по прямым линиям. На пластины горизонтального отклонения луча подается напряжение, частота которого равна

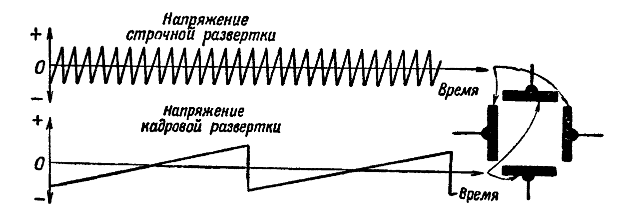


Рис. 382. Пилообразные напряжения, подаваемые на отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки.

произведению числа строк кадра на число кадров. Это — напряжение строчной развертки. На пластины же вертикального отклонения луча подается напряжение, частота которого равна частоте смены кадров в секунду. Это — напряжение кадровой развертки. При четкости изображения 625 строк и частоте смены кадров 25 раз в секунду электронный луч за $^1/_{25}$ *сек* должен успеть прочертить на экране трубки 625 строк и только 1 раз за это время проделать движение снизу вверх. Для этого генератор строчной развертки должен за 1 *сек* генерировать 15 625 пилообразных колебаний, а генератор кадровой развертки — 25. Прочерчивая с такой огромной скоростью экран, электронный луч заставляет его светиться, создавая основу — растр телевизионного изображения.

Если интенсивность электронного луча не изменяется, на экране трубки виден только светлый растр, образуемый строками. Но на луч воздействует также напряжение управляющего электрода трубки, потому что на него подаются сигналы изображения. Под действием этих сигналов управляющий электрод изменяет интенсивность электронного луча. Вследствие этого отдельные точки каждой строки светятся с различной яркостью. Все эти точки на экране сливаются в единое изображение.

Сделаем две оговорки, касающиеся техники современного телевидения.

В телевизионных приемниках применяется несколько иной способ развертки — так называемая чересстрочная развертка. Суть такой развертки заключается в том, что луч прочерчивает строки не в порядке очередности их расположения, а через строку. За время передачи одного кадра он пробегает сначала по четным строкам, а потом по нечетным. При такой системе развертки частота кадров удваивается, что повышает четкость изображения.

В электронно-лучевой трубке современного телевизора отклонение луча осуществляется не электрическими, а магнитными полями. На горловину такой трубки надеты две пары катушек. Через одну пару катушек пропускают пилообразный ток с частотой кадров, а через другую — с частотой строк. Магнитное поле первой пары катушек строго перпендикулярно магнитному полю второй пары катушек. Эти магнитные поля, отклоняя электронный луч в двух взаимно перпендикулярных направлениях, и создают развертку изображения на экране.

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЛАЗ»

Для превращения движущегося изображения в электрические сигналы в телевизионных студиях тоже применяют электронно-лучевые трубки, но несколько другой конструкции. Их называют

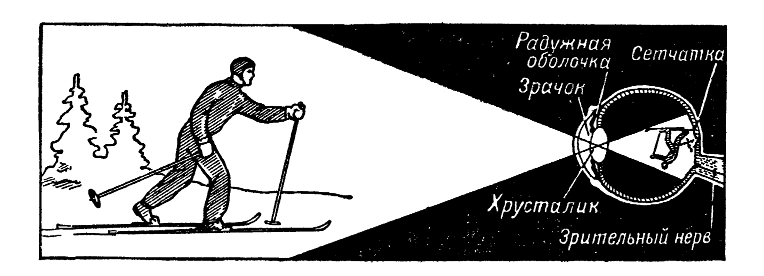


Рис. 383. Так видит глаз.

также иконоскопами (от греческого слова «икона» — «изображение»).

По принципу действия передающая электронно-лучевая трубка до некоторой степени напоминает наш глаз. Поэтому, прежде чем говорить об устройстве такой трубки, давай вспомним свойства и устройство глаза.

Глаз человека представляет собой «яблоко», состоящее из нескольких оболочек (рис. 383). Плотная белая наружная оболочка является защитой глаза. Передняя часть ее, называемая роговой

оболочкой, прозрачна. Под нею — радужная оболочка. В ней имеется отверстие — зрачок. За зрачком находится хрусталик, напоминающий двояковыпуклую линзу. При помощи хрусталика умень-

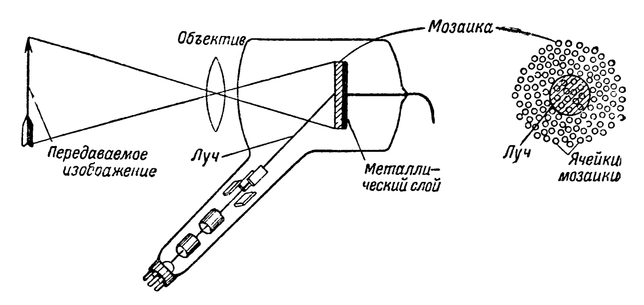


Рис 384. Устройство передающей электронно-лучевой трубки.

шенное изображение рассматриваемого предмета отбрасывается, как в фотоаппарате, на внутреннюю поверхность дна глаза — сетчатку. Сетчатка состоит из мельчайших разветвлений зрительного нерва, окончания которых чувствительны к свету. Раздражение нервных окончаний сетчатки, вызванное появлением изображения на ней, передается по зрительному нерву к головному мозгу.

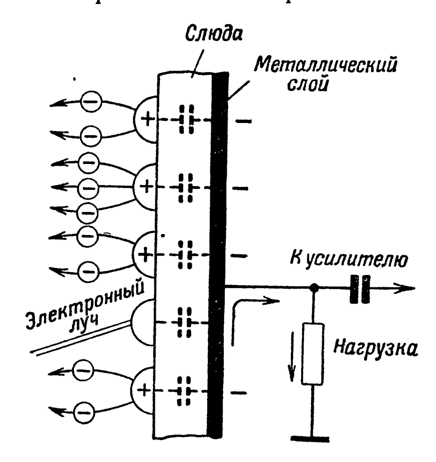


Рис. 385. Действие света и электронного луча на мозаику трубки.

Передающая электронно-лучевая трубка (рис. 384), как и приемная, имеет «электронный прожектор», но без управляющего электрода, поэтому интенсивность электронного луча в ней не изменяется. Внутри трубки находится слюдяная пластинка. Одна сторона ее, обращенная к электронному лучу, покрыта множеством мельчайших, изолированных друг от друга крупинок светочувствительного вещества. Это так называемая м о з а и к а. Другая сторона слюдяной пластинки покрыта тонким слоем металла.

Мозаика иконоскопа подобна светочувствительной сетчатке глаза. Отдельные крупинки ее представляют собой чрезвычайно маленькие катоды фотоэлементов, образующие с металлическим слоем миниатюрные конденсаторы со слюдяным диэлектриком (рис. 385).

Передаваемое изображение при помощи объектива, как в фотоаппарате, проецируется на мозаику. Свет, падающий на мозаику, выбивает из ее крупинок электроны. При этом каждая крупинка, потерявшая электроны, приобретает положительный заряд. Крупинки сильно освещенных участков заряжаются сильнее, чем крупинки слабо освещенных участков. В результате на мозаике создается «электрическое изображение», состоящее из множества положительных зарядов.

Электронный луч в иконоскопе, так же как и в кинескопе, отклоняется вправо и влево, вверх и вниз напряжениями пилообразной формы, поданными на две пары пластин. Попадая на положительно заряженные крупинки мозаики, луч «отдает» им часть своих электронов. Это вызывает мгновенные заряды миниатюрных конденсаторов, образуемых крупинками мозаики, и на нагрузочном резисторе, включенном в цепь металлического слоя трубки, возникают импульсы тока. Наиболее освещенные участки мозаики вызывают сильные, а слабо освещенные — слабые импульсы тока. Как только луч покидает крупинку, она под воздействием света вновь начинает заряжаться положительно.

Таким образом, пробегая строку за строкой по «электрическому изображению» на мозаике иконоскопа, электронный луч как бы собирает в строгой последовательности положительные заряды, а движение этих зарядов через нагрузочный резистор создает электрические сигналы изображения — в и д е о с и г н а л ы. Эти сигналы усиливают и подают на телевизионный передатчик для модуляции ими тока высокой частоты передатчика.

ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ

Телевизионный приемник по своей схеме и конструкции гораздо сложнее самого сложного радиовещательного приемника. А станция, передающая телевизионные программы, еще сложнее. Поэтому рассказывать о технике телевидения мы будем, пользуясь блок-схемой, изображенной на рис. 386. Слева на этой схеме ты видишь основные устройства телевизионного центра, справа — основные узлы телевизионного приемника.

Передающая телевизионная камера внешне похожа на киносъемочный аппарат. Внутри камеры находятся иконоскоп, генераторы напряжений кадровой и строчной разверток, усилители.

В студии телевидения, на стадионе, в театре, на заводе или в другом месте, откуда идет передача, одновременно работает несколько таких камер. Перед режиссером, ведущим передачу, несколько кинескопов, на экранах которых видны изображения, получающиеся во всех передающих камерах. Пользуясь переключателями на пульте управления, он может включить на ультракоротковолновый передатчик телецентра то одну, то другую камеру.

Вместе с сигналами изображения от передающей камеры на передатчик одновременно подаются электрические импульсы с частотами кадров и строк. Их, как и в фототелеграфии, называют синхронизирующими импульсами.

Следовательно, колебания высокой частоты, излучаемые антенной телевизионного передатчика, модулируются сигналами изображения и синхронизирующими импульсами двух неизменных частот, без которых невозможен прием изображения.

Звуковое сопровождение телевизионной передачи ведется через другой ультракоротковолновый передатчик, работающий на частоте, близкой к частоте передатчика видеосигналов.

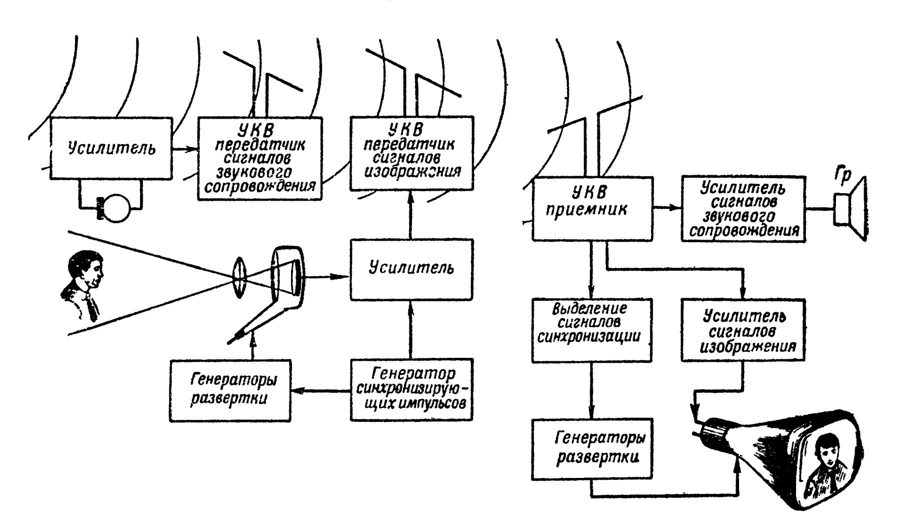


Рис. 386. Блок-схема передачи и приема телевизионного изображения.

Телевизионный приемник имеет одну антенну. В простейшем виде она представляет собой два проводника, укрепленных на стойке. Длина каждого проводника составляет около $^1/_4$ длины волны. Такую антенну называют **симметричным диполем**.

Сигналы обоих передатчиков телецентра, уловленные антенной, поступают в УКВ приемник.

После усиления высокочастотной частью приемника сигналы телецентра разделяются и идут по трем самостоятельным каналам: звукового сопровождения, видеосигнала и импульсов синхронизации. Сигналы звукового сопровождения преобразуются детектором в колебания низкой частоты, которые после усиления обычным способом заставляют звучать громкоговоритель. Сигналы изображения после усиления и детектирования поступают на управляю-

щий электрод кинескопа и, изменяя интенсивность электронного луча, воспроизводят на его экране изображение. А синхронизирую-

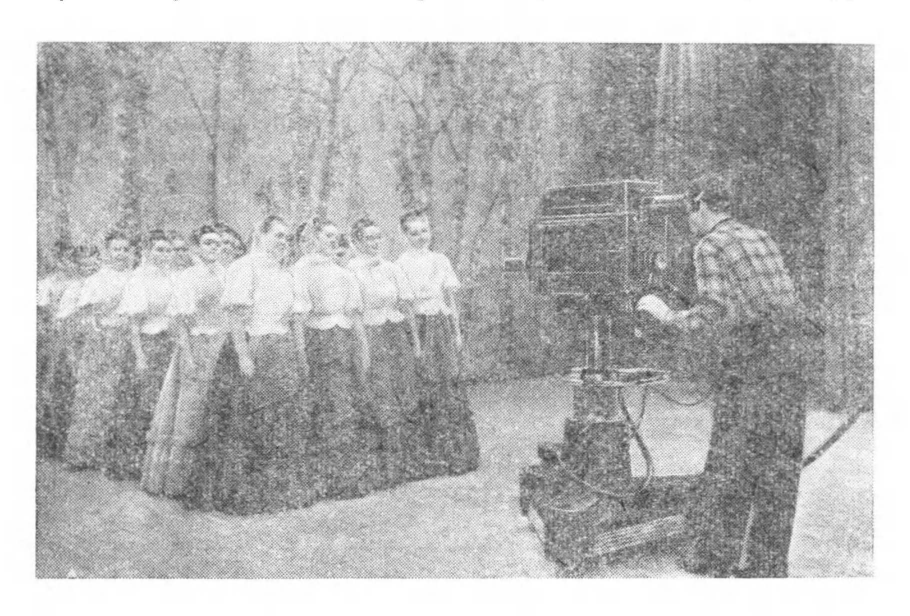


Рис. 387. Идёт передача концерта ансамбля «Берёзка». Справа — телевизионная камера.

щие импульсы с частотами кадров и строк, посланные телецентром, «управляют» работой соответствующих им генераторов развертки приемника, создавая устойчивое изображение на экране телевизора.

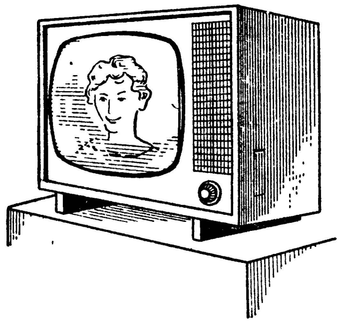


Рис. 388. Современный телевизионный приемник.

Так в общих чертах осуществляется телевизионное вещание.

Конструкций телевизионных приемников много. Одну из них ты видишь на рис. 388. Это, как правило, супергетеродины. Есть телевизионные установки, позволяющие воспроизводить изображение размером в несколько квадратных метров. В этих телевизорах полученное на экране трубки изображение при помощи объективов проецируется на экраны, как в кино. Такие установки предназначены для клубов, домов культуры.

В ближайшем будущем во многих крупных городах будет работать по два, а то и по три телевизионных центра. Поэтому все современные телевизоры рассчитаны на прием нескольких теле-

визионных программ. Переключение с одной программы на другую осуществляется поворотом ручки переключателя.

Полупроводниковая техника позволила создавать очень легкие телевизоры с независимым питанием. Это значит, что телевизор, как и радиоприемник, тоже становится приятным походным спутником. А впереди более заманчивая перспектива — цветное и объемное телевидение.

«ДАЛЬНОВИДЕНИЕ»

Передача телевизионных изображений с высокой четкостью возможна только на ультракоротких волнах. Но эти волны, как ты знаешь, распространяются прямолинейно и сильно поглощаются землей и различными наземными предметами. Поэтому расстояние, на котором можно бесперебойно принимать телевизионные передачи, зависит от высот антенны телецентра и приемной антенны. Правда, некоторым нашим радиолюбителям-экспериментаторам удается иногда видеть передачи иностранных телецентров, а зарубежные телелюбители иногда смотрят передачи наших телецентров. Но такое «дальновидение» — явление редкое. Случаи такого приема бывают тогда, когда в ионосфере возникают необычные условия для распространения УКВ. Причины этого не всегда ясны. Уверенный же, регулярный прием телевизионных передач возможен, как правило, в пределах до 70—100 *км* от телецентра, да и то если приемная антенна высоко поднята и направлена точно на телецентр.

Что значит «направлена»? Самая простая телевизионная антенна вместе с опорой напоминает по внешнему виду букву Т. Она состоит из двух металлических трубок, расположенных в одну линию. К внутренним концам трубок присоединяется двухпроводный кабель, обычно коаксиальный, идущий к телевизору. Такую антенну называют одноэлементным симметричным вибратором, или диполем. Она должна быть установлена так, чтобы радиоволны телецентра приходили точно под прямым углом к трубкам. В этом случае в антенне возбуждаются наиболее сильные колебания высокой частоты. Если изменить положение приемной антенны по отношению к передатчику, сила принимаемых сигналов и четкость изображения ухудшатся. Антенны такого устройства применяют для телевизоров, находящихся относительно недалеко от телецентра, причем стараются поднимать их на такую высоту, откуда «видна» мачта антенны телепередатчика.

Но уже в 30—50 *км* от телевизионного центра, а также на более близких расстояниях от него, но в трудных условиях приема, например в лесу или котловине, хороший прием можно получить только при использовании более сложных антенн. Одну из таких

антенн ты видишь на рис. 389. Это трехэлементная антенна. Ее средний элемент, называемый активным вибратором, сделан из отрезка металлической трубки, согнутой в петлю. Возникающие в ней высокочастотные колебания подаются по кабелю к приемнику. Два других элемента антенны, также сделанные из металлических трубок, не соединяются с активным вибратором, но оказывают большое влияние на качество приема. Одна из этих трубок, которая расположена перед активным вибратором, называется директором. Ее длина меньше длины активного вибратора. Другая, более длинная трубка, находящаяся позади активного вибратора, называется рефлектором. Благодаря

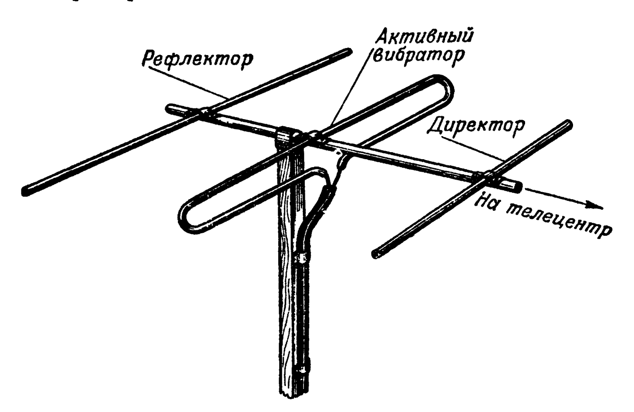


Рис. 389. Трехэлементная приемная телевизионная антенна.

директору и рефлектору, «сгущающим» энергию радиоволн, в активном вибраторе возбуждаются более сильные электрические колебания, чем в простой одноэлементной телевизионной антенне.

На расстоянии более 70—80 *км* от телецентра для улучшения приема телевизионных программ пользуются антенной с тремя — пятью директорами. Иногда пользуются дополнительными антенными усилителями, повышающими чувствительность телевизоров. Применяя высокие многоэлементные антенны и антенные усилители, удается получить прием телепередач на расстояниях до 150—200 *км*.

Однако сложные антенны и дополнительные усилители являются индивидуальными средствами увеличения «дальнобойности» телевизоров. Каждый обладатель телевизора с учетом расстояния и местных условий экспериментирует с различными типами антенн, изменяет высоту их установки и останавливается на том варианте, который дает лучшие результаты.

Но есть и другие средства, позволяющие расширить зону действия телецентра. Можно, например, поднять антенну передатчика

так, чтобы земля вследствие кривизны ее поверхности, леса, горы не заслоняли отдаленные от нее антенны телевизоров. Жители многих городов и сел Азербайджана и Армении, например, регулярно смотрят передачи Тбилисского телецентра на расстоянии сотен километров от него. Это достигнуто тем, что 180-метровая мачта антенны телецентра столицы Грузии установлена на вершине горы Мтацминда — «пьедестале» высотой около 900 *м* над уровнем моря. Антенна Всесоюзного телевизионного центра, строящегося в Москве, поднимется на высоту более 500 *м*. Ее опорой будет служить башня, внутри которой разместятся и некоторые служебные помещения центра Всесоюзного телевизионного вещания.

Для передачи телевизионных программ на большое расстояние используют специальные линии связи.

Представь себе, что между двумя очень отдаленными городами проложен коаксиальный кабель (рис. 390), который проходит через другие большие города, где также есть телецентры. Все эти

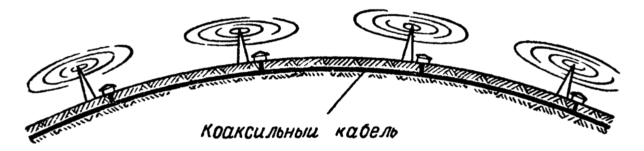


Рис. 390 Схема передачи телевизионных программ по междугородному коаксиальному кабелю.

телецентры оказываются связанными кабелем. Каждый из них обслуживает своим передатчиком телезрителей, живущих в радиусе до 100 *км* от телецентра, и одновременно по кабельной линии может направлять передачу в другие города. Остальные телецентры усиливают принятую по кабелю программу и с помощью передатчиков показывают ее своим телезрителям. Вот и получается, что одну и ту же программу телевидения можно смотреть во многих городах и селах, расположенных вдоль коаксиальной трассы. Именно таким путем телезрители Владимирской и Калининской областей стали впервые смотреть московские, а новгородские телезрители — ленинградские передачи.

Но наиболее эффективными оказались так называемые р а д и о р е л е й н ы е л и н и и связи, не требующие дорогостоящего кабеля и больших работ по укладке его в землю. Первая радиорелейная линия, соединяющая Москву с Рязанью, начала действовать в 1956 г. Сейчас такими линиями связаны телевизионные центры многих городов страны.

Ты, несомненно, хорошо знаешь, что такое эстафетный бег, да и сам принимал, наверное, участие в этом увлекательном виде спортивных состязаний. Так вот, техника передачи телевизионных программ по радиорелейным линиям очень похожа на поэтапную передачу палочки в эстафетном беге.

Радиорелейная линия — это цепочка ретрансляторов — приемо-передающих радиостанций, по которой из города в город идет «телеэстафета» (рис. 391). Исходным пунктом является Москва. На мачте столичного телецентра, кроме обычной телевизионной передающей антенны для обслуживания города и ближайших райо-

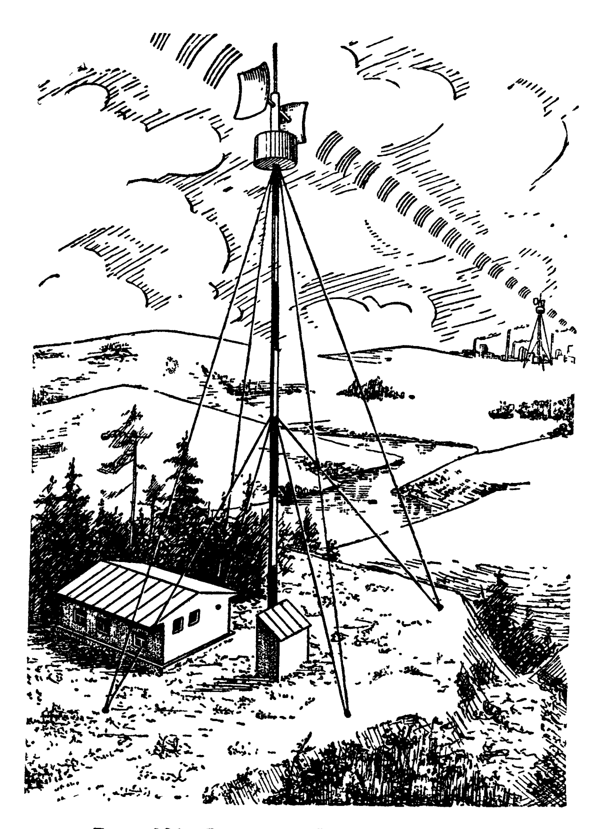


Рис. 391. Радиорелейная линия связи.

нов, имеются антенны в виде вогнутых зеркал, направленные в разные стороны от Москвы. Антенны узкими пучками, как прожекторы, излучают сантиметровые или дециметровые радиоволны, модулированные такими же сигналами, как и волны основной антенны.

Энергию сантиметровых и дециметровых волн легче излучать узким пучком, чем энергию волн УКВ диапазона, используемого для телевещания. Первый ретранслятор каждой линии принимает сигналы Московского телецентра, усиливает их и таким же узким пучком «отправляет» второй станции, вторая — третьей, третья —

четвертой и т. д., как в эстафете. В конечных и промежуточных пунктах радиорелейных линий сигналы изображения и звукового сопровождения телевизионной программы подаются на модуляционные устройства УКВ передатчиков с антеннами кругового излучения.

Так, программы московского телевидения стали смотреть и слушать десятки миллионов людей, живущих в городах, областях и районах, расположенных вдоль радиорелейных линий связи.

Что же представляет собой ретранслятор и как он работает? Это автоматически действующая радиостанция. Принятые ею сигналы усиливаются и излучаются антенной передатчика на другой волне в направлении следующего ретранслятора. Ретрансляторы располагают друг от друга на расстоянии 50—60 *км*. При этом их обычно строят на возвышениях, чтобы никакие предметы не мешали прохождению волн по прямой, соединяющей вершины мачт двух соседних станций.

Если имеется возможность ставить ретрансляторы на вершинах гор, то на этих участках длина «этапов» трассы радиорелейной линии может достигать 200 *км*. Это снижает стоимость оборудования радиорелейной линии.

Москва стала сейчас центральным ретрансляционным узлом телевизионного вещания. С помощью разветвленной сети кабельных и радиорелейных линий связи она принимает программы телепередач с одного направления и ретранслирует их во многих других направлениях, благодаря чему экраны наших телевизоров подобно волшебному блюдечку позволяют нам переноситься из города в город, из одной республики в другую, чтобы стать участниками многих событий, происходящих в разных уголках нашей огромной страны.

Москва связана радиорелейными линиями со столицами социалистических стран, входящих в систему Интервидения. И теперь мы часто бываем «в гостях» у наших зарубежных друзей, а они у нас. А система Евровидения, в которую входит и Москва, позволяет обмениваться международными телеинформациями, присутствовать на спортивных баталиях, проходящих в странах нашего континента.

Еще более заманчивые перспективы сулят телевидению искусственные спутники Земли. В апрельские дни 1965 г., когда мы отмечали 95-летие со дня рождения В. И. Ленина, в нашей стране был выведен на высокую эллиптическую орбиту искусственный спутник связи «Молния-I» с ретрансляционной аппаратурой на борту. Линией связи Владивосток — Космос — Москва начался обмен телевизионными программами между удаленными пунктами Советского Союза.

Узкий луч радиоволн наземного телевизионного передатчика может быть направлен на космический ретранслятор и возвращен им на землю, но уже в виде широкого конуса (рис. 392). И чем

выше над землей спутник-ретранслятор, тем бо́льшая территория будет охватываться телевизионным вещанием. Ученые предполагают использовать в будущем в качестве космического ретранслятора

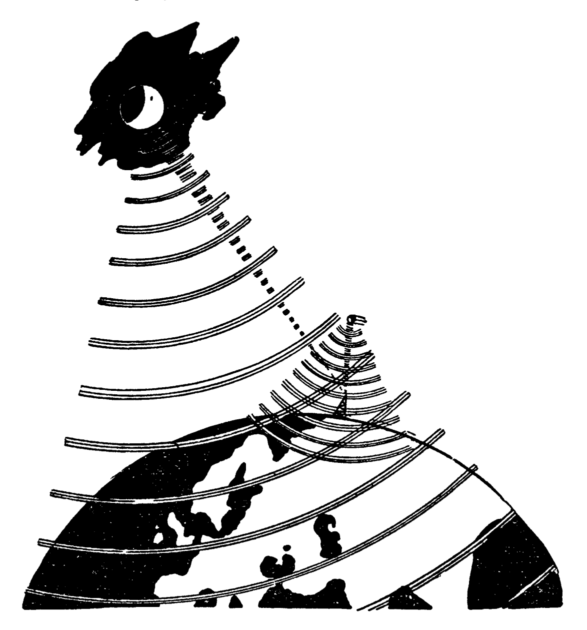


Рис. 392. Космические ретрансляторы телевизионных передач.

нашего вечного спутника — Луну. Тогда конус радиоволн мог бы покрыть почти половину поверхности земли. Это было бы уже межконтинентальное мировое телевизионное вещание. Так или примерно так скоро, вероятно, и будет: сказочное сегодня завтра станет былью.

«ПРОФЕССИИ» ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Рожденное как средство отдыха, развлечения, телевидение стало сейчас помощником человека в его труде, поисках, исследованиях, открытиях.

...Огромный металлургический комбинат. Людей в цехах не видно — все делают машины-автоматы. Но человек внимательно следит за всеми технологическими процессами, наблюдает за работой автоматических линий.

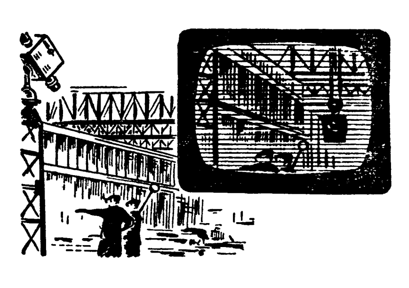
В цехах, где идет разлив стали, возле прокатных станов, поточных автоматических линий стоят передающие телевизионные

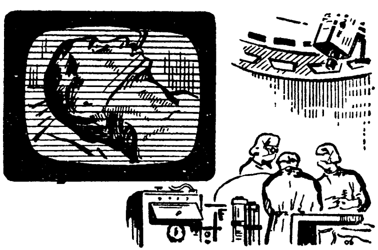
камеры. Сигналы видеоизображений по ка́белям подаются в аппаратную диспетчерского пункта, где находятся инженеры-технологи, мастера. Перед ними — экраны телевизоров, позволяющие видеть все, что происходит в цехах, вмешиваться, когда надо, в работу машин.

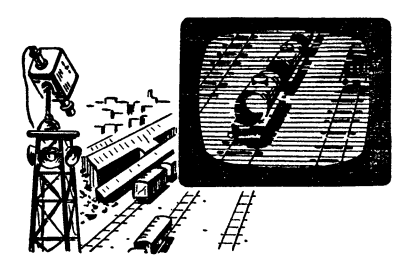
А вот еще пример — из области медицины. В хирургическом отделении поликлиники идет сложная операция. В операционной, кроме больного, только опытный хирург с мировым именем и его ассистенты. Но все, что делают осторожные руки профессора, все приборы, контролирующие состояние больного, видят многие другие хирурги, врачи, студенты-практиканты. Операционная стала как бы огромной аудиторией заполненной людьми, не мешающими хирургу спасать жизнь человека.

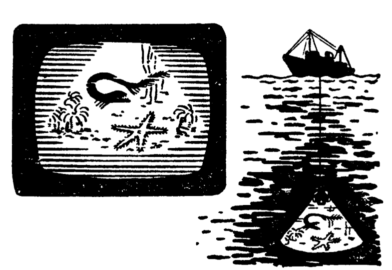
Телевизионная техника стала неотъемлемой частью крупных железнодорожных узлов, где формируются товарные поезда, речных, морских и авиационных портов. С помощью передающих телевизионных камер и телевизионных приемников диспетчеры имеют возможность видеть все участки территорий узлов и портов, руководить всеми работами, отправлять своевременно поезда, суда, самолеты.

Телевидение позволяет наблюдать за подводными рабо-









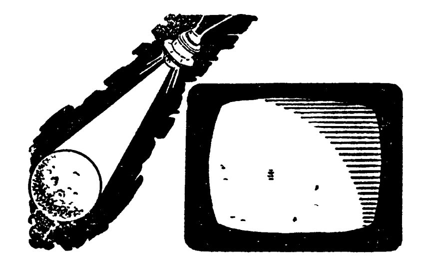


Рис. 393. Некоторые примеры применения телевизионной техники.

тами, заглянуть в морские глубины, в кратеры вулканов, куда без риска нельзя спуститься человеку, видеть процессы, происходящие в атомном реакторе, не боясь смертоносных излучений. С помощью телевидения мы увидели невидимую с Земли сторону Луны, наблюдали за работой наших космонавтов в их космических кораблях и в Космосе.

Да, юный друг, телевизионная техника — техника не только сегодняшнего, но и будущего дня.

○

РАДИОЛОКАЦИЯ

Радиолокация — средство обнаружения и определения местоположения различных объектов в воздухе, на воде, на земле, в Космосе при помощи радиоволн. Радиолокация основана на свойстве радиоволн отражаться от предметов, встречающихся на их пути. Это явление было открыто немецким ученым Г. Герцем. Отражение волн от больших объектов наблюдал изобретатель радио А. С. Попов еще в 1897 г. во время опытов по радиосвязи на Балтийском море. Однако бурное развитие радиолокации началось лишь в период Великой Отечественной войны.

В чем сущность радиолокации?

ЭХО И РАДИОЭХО

Ты, конечно, знаешь, что эхо — явление отражения звука. Его можно наблюдать в больших пустых аудиториях, залах, в горах. Оно может быть использовано для определения расстояния до предмета, препятствия.

Ты отправился с товарищами в поход. На вашем пути ущелье, а за ним — почти отвесная скала (рис. 394). Можно ли, не сходя с места, определить расстояние до скалы? Можно! Для этого надо только иметь точный секундомер. Крикни громко и отрывисто. Через несколько секунд ты услышишь отголосок звука. Это звуковое эхо. Короткая очередь звуковых волн, созданная тобой, долетела до скалы, отразилась от нее и вернулась.

Пусть по секундомеру время, которое прошло с момента выкрика до момента прихода эха, оказалось равным 6 *сек*. Звуковые волны распространяются в воздухе со скоростью 340 *м/сек*. За 6 *сек* они прошли путь от тебя до скалы и обратно. Длина этого пути $340 \cdot 6 = 2\,040$ *м*. Значит, расстояние до скалы $2\,040 : 2 = 1\,020$ *м*.

Явление эха используется также для измерения глубин морей и океанов. Для этого существуют специальные аппараты — э х о л о т ы. В днище корпуса судна укреплены излучатель мощных ультразвуковых волн, имеющий направленное действие, и устройство для приема этих волн после отражения их от дна морского (рис. 395). Излучатель включают на очень короткие промежутки

времени. Возбужденный им импульс волн ультразвуковой частоты пронизывает толщу воды и, отразившись от дна, возвращается к приемному устройству. Скорость распространения ультразвуковых волн в воде известна: она равна 1 450 *м/сек* — почти в 5 раз больше, чем в воздухе. Если эту скорость, выраженную в метрах, умножить на время между моментами излучения и приема отраженного сигнала, а произведение разделить на 2, то результат и

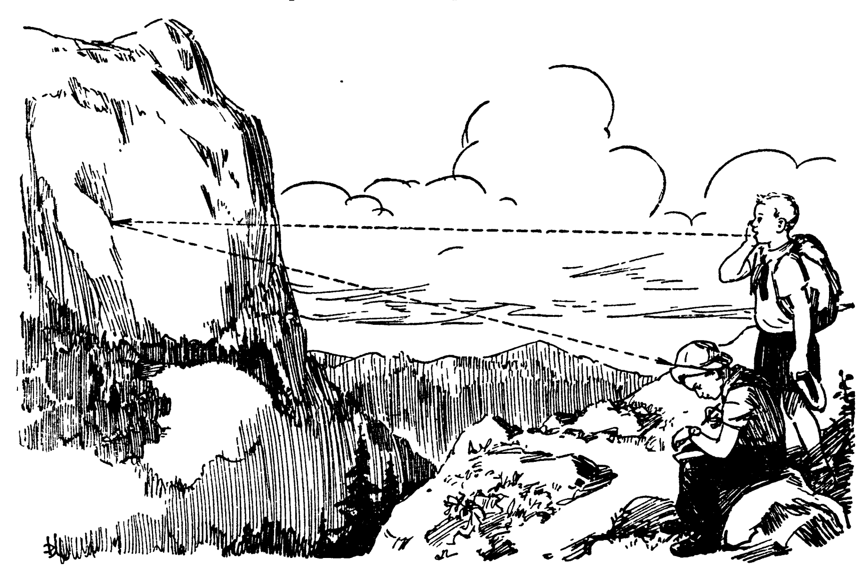


Рис. 394. Расстояние до скалы можно определить по времени прохождения звуковых волн.

будет глубиной моря в метрах. Так, например, если эхолот зарегистрировал время прохождения сигнала 0,8 *сек*, то глубина моря в этом месте равна 580 *м*.

В природе есть живые существа, которые при своем движении пользуются явлением отражения волн. Это, например, летучие мыши. Летучую мышь можно пустить в совершенно темную комнату с веревочной паутиной и она, летая в комнате, ни разу не натолкнется на веревку. Природа наградила летучую мышь чувствительным органом для приема ультразвуковых волн, излучателем которых является она сама. Если на пути полета мыши имеется какой-то предмет, он отразит излучаемые ею волны, что явится для нее сигналом о препятствии — надо повернуть. Если чувствительный орган не улавливает отраженные волны, значит впереди препятствия нет — можно продолжать путь в том же направлении.

Радиоволны также отражаются и рассеиваются различными предметами в разные стороны. Отраженные радиоволны — это ра-

диоэхо. Они могут быть уловлены радиоприемником. Зная скорость распространения и время прохождения импульса радиоволн от его источника до отражающего предмета и обратно, нетрудно определить длину его пути. На этом и основана радиолокация.

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ

Любая радиолокационная станция, именуемая также радиолокатором, содержит радиопередатчик, радиоприемник, антенну и индикатор дальности — прибор для определения времени прохождения радиоволн до облучаемого объекта и обратно к радиолокатору.

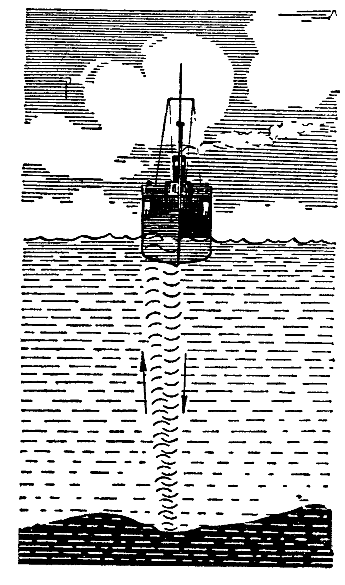


Рис. 395. Измерение глубины моря при помощи эхолота.

Передатчик, работающий на постоянной частоте, излучает в пространство радиоволны. Если на их пути встречается какое-то препятствие, например самолет, оно отражает и рассеивает радиоволны во все стороны, в том числе и в сторону радиолокационной станции. Чувствительный приемник, настроенный на частоту передатчика, принимает отраженные волны, а включенный на его выходе индикатор дальности показывает расстояние до предмета.

Но еще мало знать, что отражающий радиоволны предмет находится на таком-то расстоянии. Надо знать еще и направление. Чтобы определить, в каком месте находится данный предмет, антенна радиолокационной станции должна посылать радиоволны не во все стороны, как радиовещательная станция, а направленным, сравнительно узким пучком, подобным световому лучу прожектора. В этом случае радиолокатор примет сигналы, отраженные только тем предметом, который находится в направлении излучения радиоволн.

Радиоволны отражаются землей, водой, деревьями, живыми существами, металлическими и другими предметами. Наилучшее же отражение происходит тогда, когда длина радиоволны равна или меньше отражающего ее предмета. Поэтому радиолокаторы работают на метровых, дециметровых, сантиметровых и миллиметровых волнах на частотах свыше 60 *Мгц*. Энергию радиоволн таких длин, кроме того, легче концентрировать в узкий пучок, что имеет немаловажное значение для «дальнобойности» радиолокатора и точности определения места нахождения того или иного объекта.

Каким же образом радиолокатор «нащупывает» объект, если он излучает энергию радиоволн узким направленным пучком? Антенна его передатчика может вращаться, а также изменять угол наклона, посылая волны в различных направлениях. Она же является и приемной антенной.

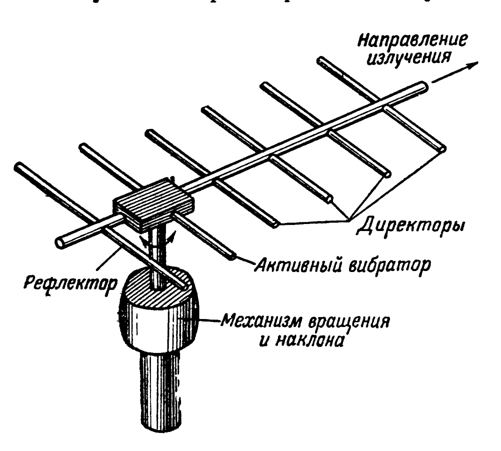


Рис. 396. Радиолокационная антенна направленного излучения.

Наиболее простая антенна радиолокационной станции, работающей в метровом диапазоне, показана в схематическом виде на рис. 396. Она имеет такую же конструкцию, как многоэлементная телевизионная приемная антенна, только снабжена еще механизмом вращения и наклона. Длина вибраторов равна приблизительно половине длины излучаемой волны. Ток высокой частоты подводится к активному вибратору. Такая антенна посылает радиоволны довольно узким направленным пучком в сторону директоров. Она же и принимает отраженные сигналы, которые идут со стороны директоров.

Другая конструкция антенны наземной радиолокационной станции метрового диапазона показана на рис. 397. Она имеет большое количество излучаемых вибраторов, расположенных в одной плоскости. Металлическая конструкция, на которой смонтированы вибраторы, выполняет роль рефлектора антенны.

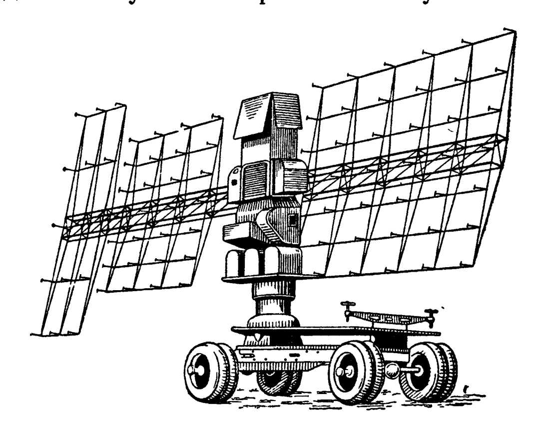


Рис. 397. Антенна передвижной радиолокационной станции.

Чем короче волна, на которой работает станция, тем меньше размеры излучающего вибратора и рефлектора и общие размеры антенны. Так, например, рефлекторная антенна станции сантиметрового диапазона может иметь размеры, не превышающие размеров тарелки. Одна из таких антенн показана на рис. 398. Энергия

сверхвысокочастотных колебаний передатчика подводится к излучателю, похожему на Т-образный штырь, установленному в фокусе рефлектора, подобного вогнутому зеркалу. Такая антенна излучает энергию радиоволн очень узким пучком.

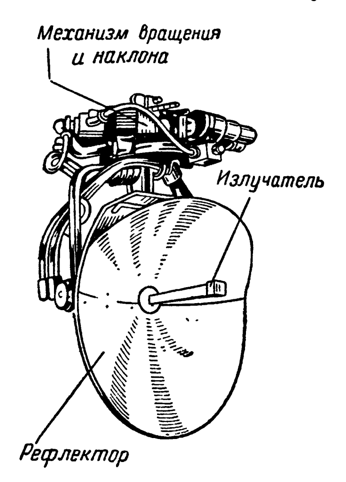


Рис. 398. Антенна самолетной радиолокационной станции.

Передатчики всех радиолокационных станций работают в импульсном режиме; импульсами излучают радиоволны и их антенны. При импульсном режиме передатчик в течение очень короткого промежутка времени создает «очередь» колебаний, после чего наступает сравнительно продолжительный перерыв — пауза, в течение которой он «отдыхает» (рис. 399). Во время перерыва происходит прием отраженных волн. Затем снова излучается такой же импульс, за ним опять следует пауза и т. д. При таком режиме антенна передатчика как бы «стреляет» в пространство короткими очередями радиоволн.

В зависимости от назначения радиолокационной станции продолжительность импульсов может быть в пределах 0,1—50 *мксек*, а частота следования импульсов от 50 до 5 000 в секунду.

Допустим, что каждый импульс радиолокационной станции длится 10 *мксек* и за каждую секунду излучается 500 таких очередей радиоволн. Следовательно, паузы между импульсами равны 1 990 *мксек*, т. е. почти в 200 раз продолжительнее, чем импульсы.

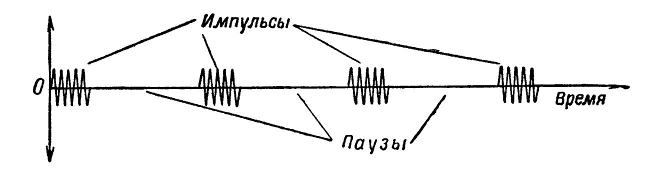


Рис. 399. График импульсного излучения.

Получается, что генератор больше «отдыхает», чем работает. За сутки генератор такого радиолокатора в общей сложности работает всего не больше нескольких минут.

Мощность импульса достигает десятков, сотен и даже тысяч киловатт. Она во много раз больше мощности, потребляемой радиолокатором от источника питания. Объясняется это тем, что во время паузы в передатчике происходит накапливание электрической энергии, которая затем в течение очень короткого промежутка

времени преобразуется в колебания высокой частоты и излучается антенной.

Расстояние до объекта определяется, как мы уже говорили, временем между моментами посылки импульсов и возвращения их «радиоэха». Радиоволны распространяются со скоростью 300 000 *км/сек* (точнее, 299 820 *км/сек*). Это значит, что от самолета, находящегося, например, на расстоянии 150 *км*, радиоэхо вернется через 0,001 *сек*, а при расстоянии до него 300 *км* — через 0,002 *сек*. Для измерения таких коротких промежутков времени не годятся даже самые лучшие секундомеры, ибо неточность в отсчете времени даже 0,1 *мсек* дает ошибку, равную десяткам километрам.

В радиолокационной станции отсчет времени производится при помощи «электронного секундомера», роль которого выполняет электронно-лучевая трубка. Для этого на пластины горизонтального отклонения луча трубки подается пилообразное напряжение той же частоты, с которой происходит излучение импульсов, например 1 000 *гц*. При такой частоте электронный луч 1 000 раз в секунду прочерчивает экран, образуя на нем прямую светящуюся линию. Общая длина линии на экране при этом соответствует в масштабе отрезку времени длительностью 0,001 *сек*, т. е. 1 *мсек*.

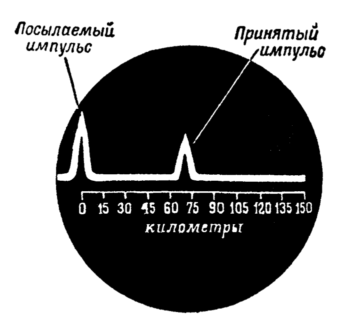


Рис. 400. «Выброс» линии на экране указывает расстояние до цели.

Экраны электронно-лучевых трубок, используемых в радиолокационных станциях для определения дальности, обычно имеют шкалы, градуированные в километрах (рис. 400), что очень упрощает отсчет расстояния. Луч на экране трубки начинает двигаться слева направо от нулевого деления шкалы в тот момент, когда происходит излучение импульса. Момент посылки импульса отмечается «выбросом» линии у нулевого деления шкалы трубки.

Пластины вертикального отклонения луча трубки включены на выходе приемника. Если в приемник не поступают отраженные импульсы, то остальная часть линии на экране трубки имеет вид прямой. Но как только начинают поступать отраженные импульсы, на светящейся линии получается второй «выброс». Для случая, показанного на рис. 400, видно, что расстояние до объекта, отразившего радиоволны, равно 70 *км*.

Как оператор радиолокационной станции определяет точные координаты обнаруженного объекта, например самолета? По его азимуту, т. е. по углу между направлением на самолет и направлением на север, и по углу места — углу, образуемому горизонтальной линией и наклонной линией, направленной на самолет (рис. 401). Эти данные фиксируют специальные приборы по положению ан-

тенны. А когда известны азимут, угол места и, конечно, наклонная дальность, то нетрудно рассчитать высоту полета и место, где в данный момент находится обнаруженный самолет. В радиолокаторах все эти расчеты производятся, разумеется, автоматически.

Очевидно, что если радиолокационная станция находится на земле или установлена на корабле и предназначена для наблюдения за наземными или плавающими по воде объектами, нет необходимости измерять угол места.

Чтобы ты имел более полное представление о радиолокационной станции, разберем ее работу по блок-схеме, изображенной на

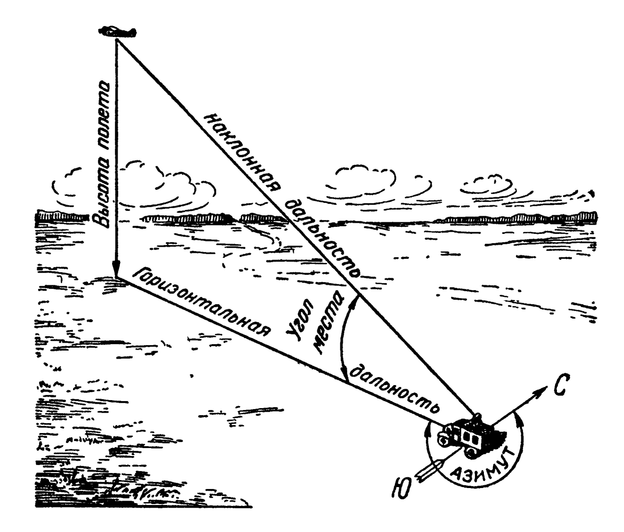


Рис. 401. Определение направления и высоты полета самолета.

рис. 402. На ней показаны только основные устройства и их взаимосвязь.

Антенна, излучающая импульсы радиоволн и принимающая отраженные радиоволны, обладает острой направленностью. При помощи электродвигателей она, «нащупывая» цель, может вращаться вокруг своей оси и изменять угол наклона. С механизмом вращения и наклона антенны связаны приборы, показывающие азимут и угол места самолета, на который в данный момент она направлена.

Генератор передатчика и приемник имеют с антенной не прямую связь, а через переключатель, роль которого выполняют электронные приборы. Во время посылки импульсов радиоволн антенна подключена к передатчику, а во время пауз — к приемнику. Принятые отраженные сигналы после усиления и детектирования подаются на электронно-лучевую трубку указателя даль-

ности. Горизонтальное движение луча этой трубки осуществляется пилообразным напряжением генератора развертки.

Новым для тебя в этой схеме является хронизатор — устройство, согласующее работу генератора передатчика, антенного переключателя и генератора развертки трубки дальномера. Через строго определенные промежутки времени он вырабатывает «пусковые» импульсы, действующие на генераторы передатчика и развертки электронно-лучевой трубки. Хронизатор является тем механизмом, благодаря которому обеспечивается слаженная работа всех приборов и устройств радиолокационной станции.

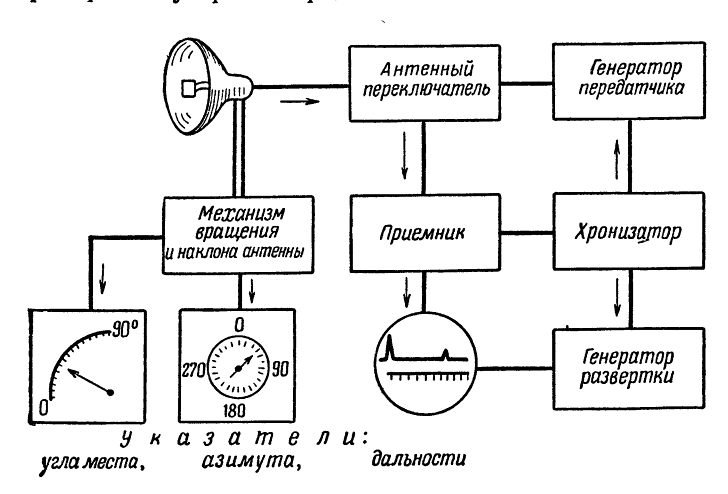


Рис. 402. Блок-схема радиолокационной станции.

Ты вправе задать вопрос: а как же узнать, свой или чужой самолет обнаружен? На самолетах устанавливаются небольшие передатчики, которые автоматически включаются при облучении их радиоволнами «своей» радиолокационной станции и посылают «ответные» опознавательные сигналы, видные на экране электронно-лучевой трубки.

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИИ

Во время Великой Отечественной войны радиолокация помогала нашим воинам своевременно обнаруживать вражеские самолеты и корабли и наносить по ним сокрушающие удары. Сейчас она верный страж границ нашей Родины.

Но радиолокация применяется не только в военном деле. Она проникла во многие области науки, техники, народного хозяйства.

Вот несколько примеров.

Используя радиолокаторы, синоптики наблюдают за образованием и передвижением облаков, исследуют зарождение, развитие и прохождение грозовых фронтов, что позволяет достаточно точно и для больших территорий предсказывать погоду на следующий день и на продолжительное время вперед.

Многие метеоры и даже метеорные потоки «атакуют» нашу планету, но, попав в ее атмосферу, сгорают. Как зафиксировать этих космических пришельцев? С помощью радиолокационных установок, так как, сгорая в атмосфере, они оставляют после себя большие хвосты из ионизированных частиц, хорошо отражающие радиоволны. Так, радиолокация дала астрономам «второе зрение», позволяющее делать новые научные исследования, открытия.

Наша рыбная промышленность оснащена превосходной техникой. У нее есть корабли-заводы, способные за сутки обрабатывать и консервировать по нескольку десятков тонн рыбы. Но все зависит от улова. Раньше разведка рыбы велась примитивным способом — выискивали косяки, смотря с палубы корабля. Сейчас для разведки рыбы стали применять радиолокацию. На разведку отправляется самолет. У него на борту радиолокатор, «прощупывающий» водные просторы. Вот на экране трубки радиолокатора появились сигналы: под самолетом обнаружены косяки рыбы. Тут же летит радиограмма, и к месту находки устремляется рыболовная флотилия.

Кит — огромное морское животное, из которого добывают много ценных продуктов. Бьют китов гарпунами из пушек, а затем туши их поднимают на борт корабля. Бывает так, что раненый кит вместе с гарпуном уплывает, теряется из виду. Как найти потерянного кита? С помощью радиолокатора.

Радиолокация широко используется в гражданском воздушном флоте. Здесь она позволяет диспетчерам аэропортов непрерывно следить за движением самолетов на воздушных трассах. Радиолокационные станции, установленные на самолетах, позволяют летчикам не только определять высоту, но и видеть на экранах радиолокаторов очертания местности, над которой они летят. Это дает возможность воздушным кораблям летать в любую погоду без опасения потерпеть аварию.

Радиолокационные станции устанавливаются и на кораблях. Они позволяют водить корабли в тумане, в любую непогоду, своевременно предупреждают о приближении к другим кораблям, берегам, скалам, плавающим ледяным горам — айсбергам.

Вскоре после Великой Отечественной войны ученые направили антенну радиолокатора в сторону Луны. Короткие очереди радиоволн достигли Луны, «оттолкнулись» от нее и вернулись на Землю. Этот эксперимент, ознаменовавший тогда большую победу радиолокации, позволил уточнить расстояние от нашей планеты до ее вечного большого космического спутника. Позже таким же способом ученые уточнили расстояния до ближайших к нам планет.

Сейчас с помощью наземных радиолокационных станций ученые ведут наблюдения за искусственными спутниками Земли, следят за выводом на орбиты и полетами космических кораблей. Межпланетные корабли, которые в недалеком будущем отправятся на Луну, Марс, Венеру, все время будут находиться в лучах радиолокаторов земных координационных центрах. Радиолокация стала сейчас «глазами» космонавтики.

Таков далеко не полный перечень примеров применения радиолокации — важнейшей области современной радиоэлектроники.

○

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА СЛУЖИТ ЧЕЛОВЕКУ

Итак, позади 25 бесед. Рассказано, кажется, о многом, и в то же время это был далеко не полный рассказ о роли радиоэлектроники в нашей жизни.

Вспомни, о чем был разговор в наших беседах?

Главным образом об основах радиотехники, приемниках и усилителях. Немного поговорили о связи на УКВ, об автоматике и телемеханике, чуть коснулись сущности фототелеграфии, телевидения и радиолокации. И только. Да, и только, потому что все это лишь часть многообразия радиоэлектроники.

Чтобы ты мог хотя бы в общих чертах представить себе, как широко и глубоко радиоэлектроника проникла в нашу культуру и быт, в народное хозяйство, науку и технику, приведем еще несколько примеров практического применения ее.

«ЗАСТЫВШИЕ» МЕЛОДИИ

Почтальон принес письмо. Ты вскрываешь конверт, и видишь в нем небольшую картонку с блестящей поверхностью, покрытую, как грампластинка, спиральной канавкой.

Это — «говорящее письмо». Поставь на эту миниатюрную грампластинку мембрану патефона или звукосниматель, и ты услышишь голос близкого тебе человека.

Как же «пишут» эти письма? Как записывают звук на грампластинки?

Чтобы записать звук — заставить его как бы «застыть», с тем чтобы в любое время его можно было «оживить» — воспроизвести, при помощи микрофона преобразуют его в электрические колебания низкой частоты и усиливают их до мощности в несколько ватт. На выход усилителя включают р е к о р д е р — прибор, преобразующий ток низкой частоты в механические колебания резца, нарезающего на вращающемся диске звуковую бороздку (рис. 403).

Устройство рекордера сходно с устройством электромагнитного звукоснимателя, только вместо иглы к якорю прикреплен резец. Ток звуковой частоты, проходя по катушке рекордера, приводит резец в колебательные движения, и на диске получается извилистая звуковая бороздка.

Этот способ записи звука называется электромеханическим.

Когда нужно изготовить много одинаковых грампластинок, запись звука производят на восковом диске, а потом «рисунок» звука с этого диска путем ряда технологических приемов переводят на пластинки из специальной массы. Это и есть те самые граммофонные пластинки, которые мы покупаем в магазине.

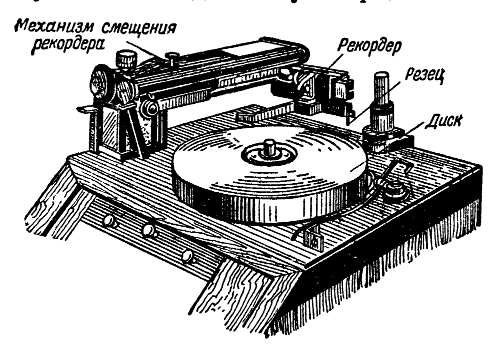


Рис. 403. Станок для электромеханической записи звука на диск.

Сейчас наиболее широкое распространение получил так называемый магнитный способ звукозаписи. При этом способе звукозаписи используется материал, длительное время сохраняющий магнитные свойства. Им может быть, например, стальная проволока, стальная лента. Но лучше всего для этой цели подходит ферромагнитная лента — тонкая и гибкая пластмассовая полоска, покрытая с одной стороны тонким слоем окислов железа.

Техника записи звука на ферромагнитную ленту такова. Через обмотку звукозаписывающей головки (рис. 404), представляющей собой сильный электромагнит с кольцеобразным сердечником, имеющим небольшую щель, идет ток звуковой частоты. Прикасаясь к щели сердечника головки, движется с равномерной скоростью ферромагнитная лента. Ток звуковой частоты создает в щели сердечника головки сильное магнитное поле, намагничивающее частицы железа, нанесенные на ленту. Поскольку частота и амплитуда колебаний изменяются, частицы железа по длине ленты приобретают неодинаковую намагниченность.

К усилителю низкой частоты

Ферромагнитная лента

Рис. 404. Запись звука на ферромагнитную ленту.

При воспроизведении звука ферромагнитная лента протягивается с той же скоростью, с какой на ней велась запись, мимо щели сердечника воспроизводящей головки, устроенной так же, как и записывающая. Неравномерная намагниченность частиц нанесенного на нее железа по закону электромагнитной индукции

создает в обмотке головки воспроизведения слабый ток звуковой частоты, который усиливается и приводит в действие громкоговоритель. Воспроизведение звука с ферромагнитной ленты может производиться многократно.

Ширина стандартной ферромагнитной ленты 6,5, а толщина 0,05—0,06 *мм*. Она хорошо склеивается, имеет малый вес. В катушке диаметром втрое меньше диаметра граммофонной-пластинки умещается лента, необходимая для записи звука в течение 15—20 *мин*. Вес же ее меньше веса граммофонной пластинки.

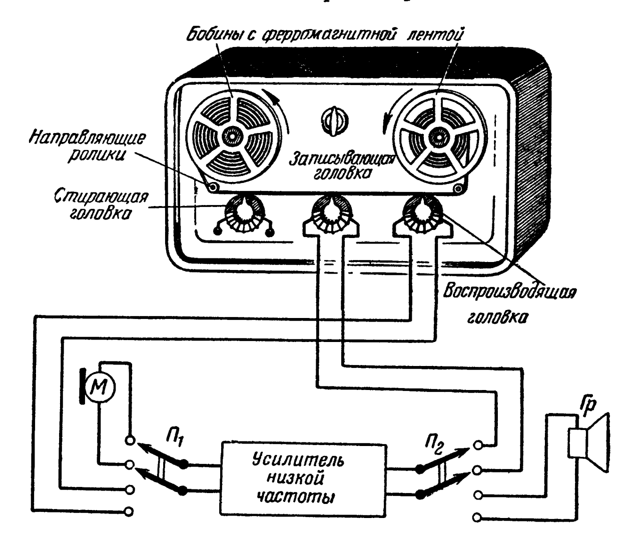


Рис. 405. Схематическое устройство магнитофона.

Отличительная особенность магнитной звукозаписи заключается в том, что ненужную или плохо выполненную запись можно «стереть», протянув ферромагнитную ленту возле полюсов сильного постоянного магнита или стирающей головки, подобной записывающей и воспроизводящей, но питающейся током ультразвуковой частоты.

Устройство магнитофона — аппарата для магнитного способа записи и воспроизведения звука — схематически показано на рис. 405. В него входят: усилитель низкой частоты, микрофон, громкоговоритель, головки для записи, воспроизведения и стирания звука и механизм, при помощи которого ферромагнитную ленту перематывают с одной бобины (катушки) на другую, плавно протягивая около полюсов головок.

Усилитель низкой частоты используется как при записи, так и при воспроизведении звука. Переход с записи на воспроизведение осуществляется переключателями $П_1$ и $П_2$. Положение переключа-

телей, показанное на схеме, соответствует записи. В этом случае на вход усилителя включается микрофон, а на выход — звукозаписывающая головка; головка воспроизведения и громкоговоритель отключены.

Микрофон преобразует звук в электрические колебания низкой частоты. Они усиливаются и подаются в обмотку звукозаписывающей головки, которая намагничивает движущуюся ферромагнитную ленту. По окончании записи лента при помощи электродвигателя может быть быстро перемотана с правой бобины на левую.

При воспроизведении звука переключатели $П_1$ и $П_2$ устанавливаются в нижнее положение. При этом на вход усилителя включается обмотка воспроизводящей головки, а на выход — громкоговоритель; микрофон, записывающая и стирающая головки отключены. Намагниченная ферромагнитная лента плавно движется возле полюсов воспроизводящей головки и создает в ее обмотке электрические колебания звуковой частоты, которые усиливаются и преобразуются громкоговорителем в звук.

Магнитофон сейчас стал самым распространенным аппаратом для записи и воспроизведения звука. На магнитофонах записывают радиопередачи, песни, рассказы, оперы, спектакли, лекции. Записанные в различных местах выступления артистов могут быть смонтированы в один концерт. Такие концерты мы часто слышим по радио. Запись на магнитной ленте сохраняется очень долго и может быть в любое время воспроизведена.

Магнитофоны очень удобны как секретари. Можно продиктовать деловое письмо, статью, а затем записанное перепечатать на машинке. Так, например, некоторые беседы, вошедшие в эту книгу, были проведены на занятиях кружка юных радиолюбителей и незаметно для ребят записаны на магнитофоне. Потом магнитофон «продиктовал» беседы машинистке, которая перепечатала их на бумагу.

Магнитная запись используется для шумового оформления спектаклей, при изучении иностранных языков, деятельности сердца и во многих других случаях.

В последние годы магнитная запись стала широко применяться для звукового сопровождения кинофильмов. В телевизионных студиях появились видеомагнитофоны — аппараты, записывающие на ферромагнитные ленты электрические сигналы изображения. Благодаря видеомагнитофонам мы часто по вечерам видим на экранах телевизоров разные события, записанные на телестудиях утром, когда мы работаем или учимся, или ночью, когда мы отдыхаем.

НАГРЕВ БЕЗ ОГНЯ

Если какое-либо тело поместить в переменное электрическое или магнитное поле высокой частоты, то молекулы и атомы этого тела будут совершать колебательные движения, вызывая его на-

грев. Степень нагрева зависит от строения вещества тела и частоты тока, создающего переменное электрическое или магнитное поле. Это явление нашло широкое практическое применение в промышленном производстве. А в некоторых отраслях производства высокочастотный нагрев произвел технологическую революцию.

Вот несколько примеров.

Для изготовления струнных музыкальных инструментов, мебели, деталей корпусов кораблей, вагонов пригодна только совершенно сухая древесина. Изделия из сырой или плохо просушенной древесины неизбежно коробятся, дают трещины. Естественная же сушка древесины требует длительного времени.

Как ускорить процесс сушки древесины?

Этот вопрос давно волновал деревообделочников. Разрешить его помогла радиоэлектроника.

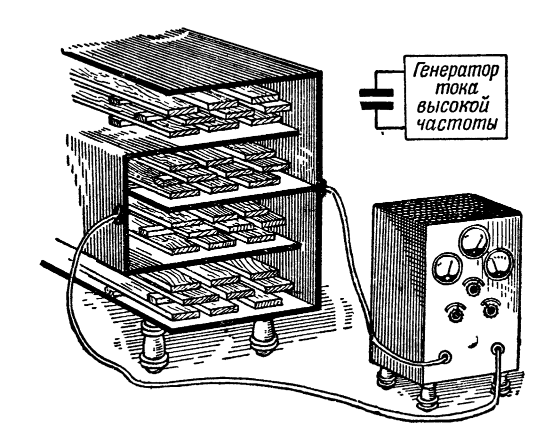


Рис. 406. Установка для сушки древесины.

Установка для сушки древесины представляет собой мощный генератор тока высокой частоты, питающий конденсатор из массивных металлических плит. На эти плиты, как на полки, укладываются доски, бруски, рейки и даже круглый лес (рис. 406). Между пластинами такого конденсатора возникает сильное электрическое поле высокой частоты, пронизывающее всю находящуюся в нем древесину и вызывающее равномерный нагрев всей ее массы. В камере, где производится сушка, имеется вентиляция для удаления испаряющейся влаги. Высушенная таким способом древесина пригодна для любых самых ответственных изделий.

Высокочастотный способ сушки древесины используется на многих деревообрабатывающих предприятиях.

Глиняная и фарфоровая посуда, кирпич, изоляторы для линий электропередачи формуются из влажной массы. Затем происходит самый ответственный технологический процесс производства — сушка, предшествующая обжигу изделий. От нее зависит качество продукции. Для равномерной сушки гончарных и керамических изделий на воздухе требуются месяцы, а иногда и годы. Ускорить сушку этих изделий, как и древесины, помогает электрическое поле высокой частоты. Контроль сушки автоматизирован. Брак отсутствует.

Таким же способом можно сушить зерно, бумагу, табак, чай, вытапливать жир, стерилизовать пищевые продукты, печь хлеб, варить обед, сушить кондитерские изделия и многое другое.

Люди издавна мечтали о таких стальных деталях и режущих инструментах, которые были бы очень твердыми и в то же время нехрупкими. Мечта сбылась благодаря радиоэлектронике.

Если стальную деталь поместить в магнитное поле высокой частоты, то поверхность ее раскалится с такой быстротой, что тепло не успеет проникнуть в глубь металла. Остается только опустить деталь в воду или масло, и поверхность ее будет закалена, сделается очень твердой, в то время как основная масса металла останется «вязкой», нехрупкой. Толщину закаленного слоя легко регулировать, меняя частоту тока: чем выше частота, тем тоньше закаливаемый слой. Ток с частотой порядка 1 *Мгц*, например, дает толщину закаливаемого слоя около 0,5 *мм*, а с частотой 50 *кгц* 8—15 *мм*.

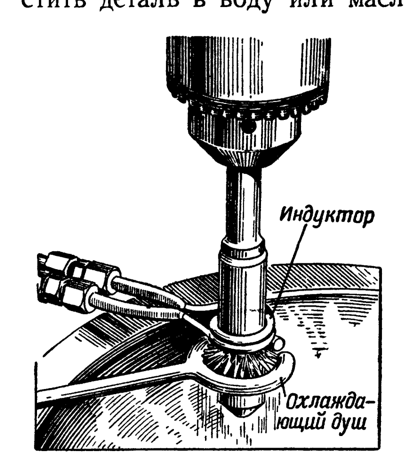


Рис. 407. Поверхностная закалка стального валика.

Для поверхностной закалки металлических деталей применяются специальные катушки индуктивности, называемые индукторами (рис. 407). Они питаются от мощных генераторов токов высокой частоты. Внутрь индуктора, где образуется сильное переменное магнитное поле, помещается деталь, поверхность которой нужно закалить. Тут же находится и охлаждающий душ.

Высокочастотный способ поверхностной обработки металла впервые разработал и практически осуществил чл.-корр. Академии наук СССР, лауреат медали А. С. Попова, проф. В. А. Вологдин. Сейчас высокочастотная закалка металлических изделий используется при изготовлении резцов, сверл, осей механизмов и многих других деталей и инструментов, от которых требуется повышенная твердость при сохранении необходимой вязкости основной массы металла. Такие детали мало изнашиваются, способны выдерживать резкие толчки и удары.

Подобным способом можно плавить металлы или руду, если использовать токи с частотой в несколько тысяч герц. При мощности генератора высокой частоты 100 *квт* плавка 100 *кг* металла продолжается не более четверти часа.

Высокочастотные плавильные печи получили широкое применение в производстве высококачественных сталей, специальных тугоплавких, магнитных и легких сплавов.

При лечении некоторых болезней требуется глубокий внутренний прогрев тела. Это особенно необходимо при лечении гангрены, воспалений суставов. Обычные грелки в таких случаях не приносят существенной пользы. На помощь приходят токи высокой и ультразвуковой частот. Чтобы прогреть, например, больной сустав руки, ее помещают между металлическими пластинками, образующими конденсатор (рис. 408) контура генератора. Больной ощущает только легкое тепло.

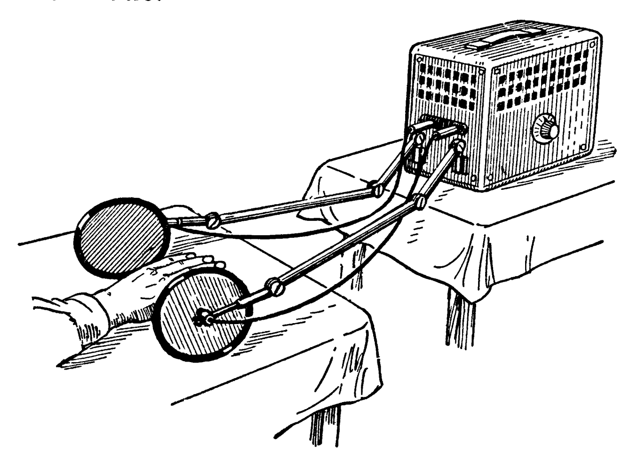


Рис. 408. Переменным электрическим полем лечат людей.

Радиотерапией называют отрасль медицины, использующую для лечения токи и поля ультразвуковой и высокой частот.

Электрическое поле соответствующей частоты благоприятно действует на рост и развитие растений, убивает вредных микробов и насекомых. В библиотеках, например, иногда заводятся жучки, точащие книги. Раньше единственной мерой борьбы с ними было сжигание книг. Теперь этих вредителей, не портя книг, уничтожают электрическим полем высокой частоты.

РАЗВЕДЧИКИ ПОГОДЫ

В январе 1930 г. в г. Павловске под Ленинградом поднялся в воздух радиозонд — автоматический разведчик погоды, изобретенный советским ученым-метеорологом П. А. Молчановым (рис. 409). С тех пор метеорологи используют радиозонды для «прощупывания» (слово «зонд» французского происхождения, означающее «щуп») атмосферы.

Радиозонд — комплекс приборов, позволяющих на расстоянии при помощи радиоволн получать основные сведения о состоянии атмосферы на различных высотах. Он представляет собой своеоб-

разную гондолу, привязанную к шару из тонкой резины, наполненному легким газом. Внутри гондолы размещены очень простой радиопередатчик, датчики-измерители температуры, давления и влажности воздуха и коммутирующее устройство, управляющее работой передатчика. Поднявшись на высоту в несколько десятков километров, передатчик радиозонда сигнализирует условным кодом

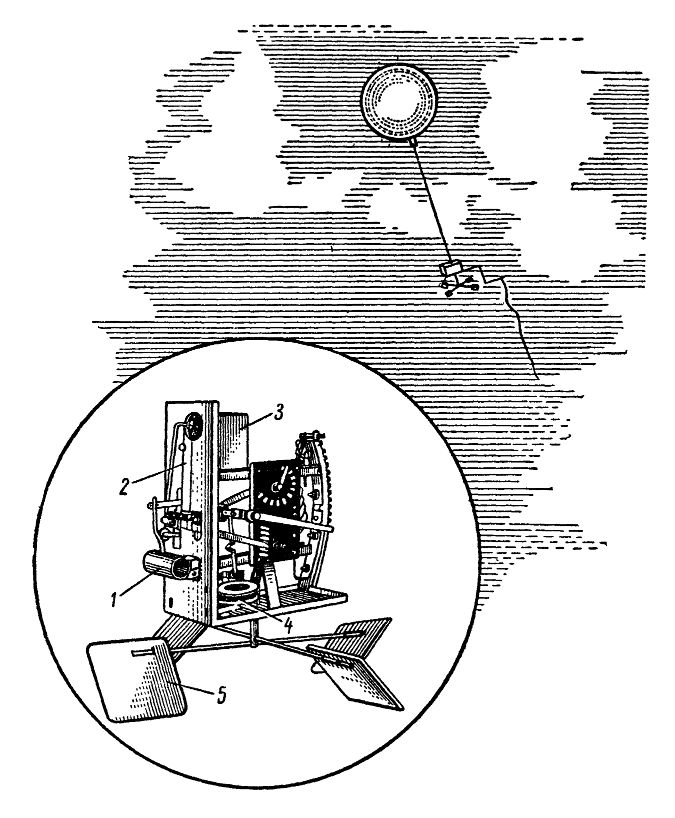


Рис. 409. Радиозонд проф. П. А. Молчанова.

данные, зарегистрированные метеорологическими приборами при полете.

Антенной передатчика радиозонда служит провод длиной в несколько метров, которым прибор соединен с шаром, а противовесом — такой же длины провод, свободно свисающий вниз. Датчиком температуры служит согнутая в неполный цилиндр биметаллическая пластинка *1*, состоящая из двух металлических полосок с различными температурными коэффициентами расширения. При изменении температуры пластинка стремится согнуться еще больше

или, наоборот, разогнуться. Роль датчика давления выполняет барометр-анероид *4* — полая металлическая коробочка, из которой откачан воздух. Давление окружающего воздуха сжимает эту коробочку, а когда давление уменьшается, коробочка расширяется. Датчиком влажности служит пучок обезжиренных волос *2*, обладающих свойством удлиняться с увеличением и, наоборот, укорачиваться с уменьшением влажности воздуха.

Эти датчики, являющиеся широко распространенными метеорологическими приборами, связаны шарнирно со своими стрелками-указателями. Скользя свободными концами по контактам гребенок, указатели, как ползунки переключателей, включают электрические цепи датчиков.

Коммутирующее устройство состоит из металлических звездочек с различным числом зубцов, насаженных на ось ветрянки *5*. Вращаясь вместе с осью, звездочки коммутатора подключают к передатчику контакты гребенок и, замыкая цепь питания высокочастотного задающего генератора, управляют работой передатчика *3*. Радиопередатчик в эти моменты излучает высокочастотные импульсы, подобные сигналам телеграфной азбуки.

В лаборатории, запустившей шар, радисты принимают сигналы радиозонда. А затем по характеру сигналов определяют температуру, давление и влажность тех слоев атмосферы, через которые пролетает радиозонд. Кроме того, по полету радиозонда определяют скорость движения воздуха.

Как же следят за радиозондами, когда они поднимаются на большие высоты над земной поверхностью, к тому же при сильной облачности или ночью? С помощью радиолокаторов.

Вскоре после Великой Отечественной войны советские ученые предложили радиозонд без передатчика. Такой разведчик атмосферы работает в сочетании с радиолокационной станцией. На нем имеются четыре взаимно перпендикулярных проводника, равных по длине четверти волны радиолокатора. Через контакты реле, включающие датчики, они могут соединяться попарно, по-разному отражая радиоволны. Специальная приставка к радиолокатору преобразует кратковременные отраженные импульсы радиоволн в сигналы, аналогичные сигналам обычного радиозонда, и автоматически записывает их.

У нас много островков, вершин гор, где есть метеостанции, но люди там не живут. Люди там появляются очень редко — лишь для того, чтобы осмотреть, исправить, подрегулировать приборы. Постоянную же работу там ведет радиоаппаратура. Радиопередатчики сообщают метеорологам о всех изменениях температуры и давления атмосферы, об осадках, направлении и скорости ветра. Они облегчают задачу предсказания погоды, что имеет важнейшее значение для нашего народного хозяйства.

Радиозонд — один из многочисленных примеров использования средств радиоэлектроники для различных измерений на расстоя-

нии, контроля за физическими и химическими явлениями, техническими процессами. Эту область радиоэлектроники называют радиотелеметрией.

БЫСТРЕЕ МЫСЛИ

Человек создал для себя множество механических помощников. Это всякого рода инструменты, приспособления, станки, машины. Они помогают обрабатывать различные материалы, рыть землю, плавить металл, строить новые машины. Они облегчили физический труд.

Человек создал для себя и помощников в умственном труде. Одного из таких помощников ты хорошо знаешь — это счеты. Хотя «машина» эта очень проста, она значительно ускоряет работу вычислителя. Неслучайно поэтому счеты всегда лежат под рукой бухгалтера, кассира, продавца магазина.

Более сложная арифметическая вычислительная машина — арифмометр — появилась лет 100 назад, а в 1912 г. акад. А. Н. Крыловым была сконструирована и построена первая в мире машина для решения задач высшей математики. Но и она была чисто механической машиной: основными ее частями были колесики с цифрами, рычажки, пружинки.

А вот совсем недавно появились быстродействующие автоматические электронные машины, помогающие не только считать, но и «мыслить». Работают они со сказочной быстротой. Одна машина может произвести в секунду несколько тысяч математических операций с девятизначными числами, выполняя вычисления с точностью до миллиардных долей единицы. За несколько часов работы машина может произвести столько вычислений, сколько опытный вычислитель, вооруженный арифмометром, не сможет сделать за всю свою жизнь.

В «умных машинах» работают электронные, полупроводниковые и многие другие приборы. В машине БЭСМ (быстродействующая электронная счетная машина), работающей в Академии наук СССР, более 5 тыс. электронных и полупроводниковых приборов. На ней, в частности, производились расчеты и корректировка орбит наших космических кораблей.

Представление о внешнем виде одной из советских электронных счетных машин может дать рис. 410.

Когда ученые приступают к решению какой-либо сложной задачи, они выражают ее в виде математических уравнений, которые зачастую очень сложны. Но зная математические методы и законы, можно любое, даже самое сложное уравнение решить при помощи четырех действий арифметики: сложения, вычитания, умножения и деления. Программа всех вычислений и их последовательность определяются для машины заранее и зашифровываются

условными знаками. При этом машина «запоминает» и хранит в «памяти» результаты всех промежуточных и конечных действий. Роль «памяти» выполняют магнитные материалы. Машина преобразует знаки в электрические импульсы и оперирует ими. «Продукцией» машины также являются электрические импульсы, которые она преобразует в арифметические знаки. Расшифровав их, получают решение заданной машине задачи.

Чтобы ты мог иметь представление о значении быстродействующих электронных счетных машин, приведем два примера.

Для точного предсказания погоды необходимо собрать сведения от многих метеостанций, расположенных в различных точках земного шара, а потом произвести на основе этих сведений несколько десятков миллионов вычислений. С такой работой большая группа вычислителей может справиться за срок около 2 недель. А электронная машина «Погода» выполняет ту же работу за 2 *ч*!

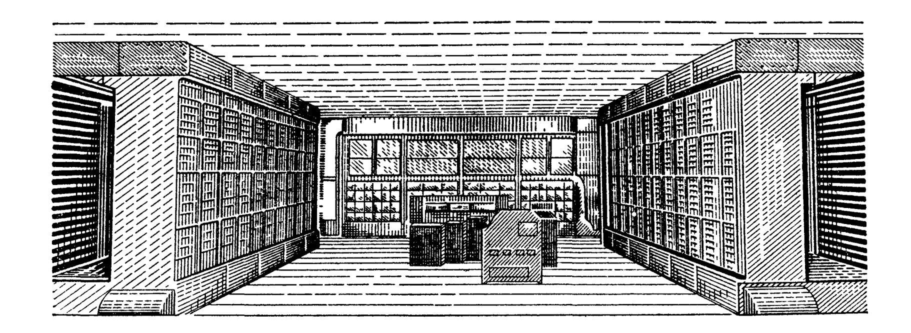


Рис. 410. Быстродействующая электронная счетная машина «Стрела». В середине — ее пульт управления.

Расчет траектории полета снаряда требует работы огромного коллектива вычислителей в течение нескольких суток. Электронная счетная машина же может произвести этот расчет быстрее, чем снаряд долетит до цели!

Быстродействующие электронные счетные машины используются сейчас не только для производства сложных вычислений. Они могут переводить тексты с одного языка на другой. В этом случае в запоминающее устройство машины вводят слова, обороты речи и грамматические правила, записанные на ее математическом «языке». Машина, пользуясь «памятью», подбирает подходящие слова, изменяет их по падежам, числам, временам и ставит их в нужном порядке, образуя предложения. Готовый перевод она «выдает» в уже отпечатанном виде.

Электронную машину можно «научить» играть в шахматы. Такие опыты уже проводились. Машина «перебирала» все возмож-

ные варианты шахматных ходов и останавливалась на тех из них, которые давали наилучшие результаты.

Создана «читающая» машина. С помощью ее человек, потерявший зрение, может слушать чтение обычных книг, журналов, газет. Роль «глаза» выполняет световой зайчик, скользящий по строкам страниц. При этом специальные устройства в машине накапливают электрические сигналы и включают механизмы, произносящие слова текста.

«Специальности» электронных машин очень различны. Есть, например, машины, которые по чертежам обрабатывают детали, автоматически управляя станком, следят за всеми процессами в сталеплавильных печах, контролируют работу электростанций, водят поезда и самолеты, сортируют вагоны на железнодорожных товарных станциях, регулируют уличное движение городского транспорта, определяют болезни человека и указывают методы лечения их. В недалеком будущем на крупных промышленных предприятиях, в проектных организациях, статистических управлениях, банках, научно-исследовательских институтах и лабораториях утомительный труд работников умственного труда будут выполнять электронные машины. Появятся они и в школах в помощь учителям, в помощь таким же ученикам, как ты.

Когда на занятиях радиокружка рассказываешь об «умных» электронных машинах, некоторым ребятам представляется, что теперь изучать физику, математику, иностранные языки не надо — есть, мол, машины. Правы ли они? Нет, не правы. Эти машины созданы человеком и управляются только им. Любое домашнее задание электронная вычислительная машина могла бы выполнить за несколько секунд. Но для этого ей нужно составить «программу» действий. А без глубоких знаний основ наук такой программы не составишь, и сложная машина — плод труда ученых, инженеров, рабочих — окажется никчемной вещью.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА ВСЮДУ

Радиоэлектроника вооружила работников здравоохранения приборами, позволяющими до тончайших подробностей изучать жизнедеятельность каждого органа человека, каждую мышцу его.

Кабинеты современной поликлиники стали больше походить на выставку радиоэлектронной аппаратуры, чем на комнаты для приема больных.

Одно из чудеснейших достижений радиоэлектроники в медицине — электрокардиограф. Это аппарат для записи электрических токов сердца. При каждом сокращении сердца, при каждом движении его клапанов возникают чрезвычайно слабые электрические токи. Воспринятые чувствительными приборами и усиленные в миллионы раз они приводят в действие механизм,

«рисующий» на бумаге извилистую периодически повторяющуюся кривую линию — электрокардиограмму, которая рассказывает врачам о деятельности сердца, помогают определить методы лечения.

Работа головного мозга тоже вызывает электрические токи напряжением в миллионные доли вольта. Они, как и токи мышц, могут быть усилены и записаны прибором со сложным названием — электроэнцефалографом. По этим кривым врачи определяют психическое состояние человека, обнаруживают различные опухоли, нарушающие работу мозга, делают соответствующие выводы.

Медикам и биологам радиоэлектроника дала электронный микроскоп, при помощи которого можно рассматривать останки бактерий и клеток. Это позволяет искать и находить более эффективные пути борьбы с извечными врагами человека — болезнетворными вирусами, пути увеличения продолжительности жизни.

Химия — наука о превращении веществ. Она повышает урожаи продуктов сельскохозяйственного производства, создает новые материалы для нашей повседневной жизни, строительства, промышленности. Само же химическое производство — дело сложное, тонкое.

Прежде чем спроектировать и построить химический комбинат или даже только один цех его, в лабораториях ведут тщательное изучение всех химических процессов будущего производства. Огромное число анализов, измерений, расчетов надо сделать, чтобы не допустить ошибок. Раньше эта подготовительная исследовательская лабораторная и проектировочная работа продолжалась иногда до 8—10 лет. Теперь, когда радиоэлектроника дала химикам точнейшие и чувствительнейшие приборы, этот срок сократился в 4—5 раз.

И в химическом производстве радиоэлектроника заняла почетное место. Во всех цехах и уголках современных химических комбинатов и заводов электронные приборы и машины стали верными помощниками технологов. Они контролируют температуру, давление, влажность, активность химических реакций, расход исходных материалов, сравнивают фактические данные с исходными данными программы технологических процессов и управляют этими процессами.

Что такое пластмасса, ты, конечно, знаешь. Из нее делают самые различные вещи: детали машин, футляры приборов, предметы домашнего обихода. Согласно технологии пластмасса, нагретая до строго определенной температуры, попадает под штамп. Даже малейшее отклонение от заданной температуры приводит к браку. Но на современном производстве пластмассовых изделий этого почти не случается, потому что нужная температура автоматически регулируется станцией терморегулирования. Она так и называется: АСТ — автоматическая станция терморегулирования. Рас-

считана она на измерение и автоматическое регулирование температуры в 150 точках. А если хотя бы один из 150 температурных датчиков окажется неисправным, станция автоматически подает тревожный сигнал — требуется помощь техника.

Радиоэлектроника помогает чудеснице химии идти вперед гигантскими шагами, а химия в свою очередь способствует прогрессу радиоэлектроники. Помнишь наш рассказ о полупроводниковых приборах? Это ведь химия дала радиоэлектронике полупроводниковые диоды и транзисторы.

А электронно-лучевая трубка телевизора, радиолокатора, осциллографа? Люминофор ее экрана, светящийся при бомбардировке его электронами, тоже изготовляется химическим путем.

Без химически чистых материалов невозможно производство хороших электронных ламп, резисторов, конденсаторов и многих других элементов радиоаппаратуры.

Мы, пожалуй, не ошибемся, если скажем, что все последние наиболее крупные достижения и открытия в области физики стали возможными только благодаря радиоэлектронике, являющейся частью этой обширнейшей области человеческих знаний. Радиоэлектроника помогает физикам в исследовании микромира и извлечении из недр атома скрытой там энергии. Но тайны природы внутриядерных сил до конца еще не раскрыты. И вот физики проектируют и строят мощные ускорители протонов. Размеры протонов, как ты знаешь, ничтожно малы, а камера, в которой физики разгоняют эти элементарные частицы, представляет собой полое кольцо, внутренняя часть которого имеет протяженность более 600 *м*. Электромагнит ускорителя весит 4 000 *т*, а для его питания требуется мощность тока 30 000 *квт*. Внутри такого сооружения ученые разгоняют пучки протонов до огромных скоростей, сообщая им большую кинетическую энергию, и бомбардируют ими атомное ядро. Так, как бы стреляя протонами по атомному ядру, удается постепенно расширять и уточнять наши представления об атомном ядре, раскрывать его тайны.

* *
*

В одной беседе невозможно дать хотя бы беглый обзор достоинств радиоэлектроники. Чтобы только перечислить все виды применения ее, не хватит и тома в несколько сотен страниц, потому что нет такой области культуры, производства, науки, где бы сейчас не использовались средства радиоэлектроники и в развитии которой она не играла бы все возрастающую роль.

○

РАДИОКРУЖОК В ШКОЛЕ

Эту беседу мы посвящаем советам по организации работы кружка радиолюбителей в школе, изготовлению простых, но очень нужных для физического кабинета и радиокружка учебно-наглядных пособий и приборов коллективного пользования, которые помогут лучше усвоить основы радиотехники, изучать и налаживать радитехнические устройства.

Предлагаемые пособия — действующие конструкции, смонтированные в развернутом виде на прямоугольных панелях из органического стекла толщиной 3—5 *мм*. Этот материал является хорошим изолятором, легко обрабатывается, сверлится. Если не найдется органического стекла, панели можно выпилить и из другого изоляционного материала, например листового эбонита, текстолита и даже из фанеры, пропитанной парафином или покрытой лаком; важно, чтобы панели были прочными и имели опрятный вид. Детали на панелях располагают и соединяют в том порядке, который принят в принципиальных схемах. Готовые же пособия крепятся на подставках любой конструкции.

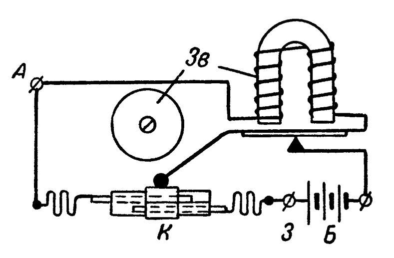
Имея такие пособия, можно провести в школе интересный вечер, посвященный радиоэлектронике, например в «День радио». Сами же пособия и приборы, изготовленные в кружке, будут скромным, но ценным подарком родной школе.

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ПРИЕМНИКА А. С. ПОПОВА

Прежде всего мы рекомендуем сделать упрощенную модель приемника Александра Степановича Попова, о котором мы рассказывали в первой беседе. Схема и общий вид такой модели показаны на рис. 411. Она состоит из последовательно соединенных когерера *К*, электрического звонка *Зв* и батареи *Б*. К зажиму *А* подключается антенна, к зажиму *З* — заземление или противовес. Эта модель отличается от приемника А. С. Попова (см. рис. 18) лишь тем, что в ней отсутствует чувствительное электромагнитное реле, включающее звонок. Поэтому модель способна принимать сигналы на небольшом расстоянии. Основной же принцип работы приемника А. С. Попова в ней сохранен.

Устройство когерера показано на рис. 412. Это стеклянная трубочка длиной 35—40 и диаметром 8—10 *мм* с двумя контактными пластинками, вырезанными из тонкой латуни или меди (в крайнем

случае из тонкой жести), являющимися одновременно и выводами когерера. Пространство между пластинками заполнено крупными стальными опилками (их можно напилить грубым напильником). Пластинки и опилки удерживаются в трубочке пробками. Наполняя и закрывая трубочку, надо следить, чтобы пластинки соединялись только через опилки. Уплотнять же опилки не следует, иначе они не будут встряхиваться. На трубочку когерера следует надеть широкое резиновое кольцо или обмотать ее полоской резины, отре-



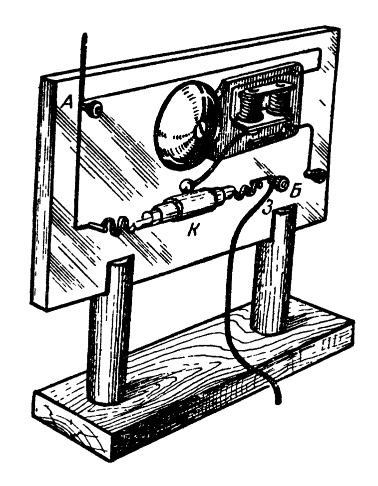


Рис. 411. Схема и общий вид упрощенной модели приемника А. С. Попова.

занной от негодной волейбольной, футбольной или велосипедной камеры.

Сопротивление опилок постоянному току резко уменьшается, когда по цепи, в которую включен когерер, проходит ток высокой частоты: под воздействием этого тока соприкасающиеся поверхности опилок слегка спекаются, вследствие чего общее сопротивление опилок уменьшается. Но достаточно легкого сотрясения, чтобы сопротивление когерера вновь увеличилось.

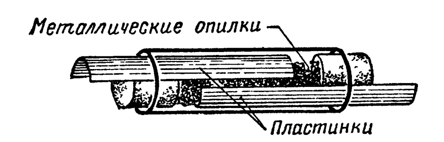


Рис. 412. Когерер.

Модель действует следующим образом. Пока в антенне приемника не возбуждается достаточной величины ток высокой частоты, сопротивление когерера велико, а значит, электрический ток в цепи, в которую он включен, мал. При этом звонок не звонит. Когда же появляется ток высокой частоты, сопротивление когерера мгновенно уменьшается, ток в его цепи резко возрастает и звонок начинает звонить. При этом молоточек звонка ударяет то по чашечке звонка, то по резиновому кольцу на когерере, встряхивая в нем опилки. На короткий импульс электромагнитных волн модель отзывается коротким звонком, на продолжительный импульс продолжительным звонком.

В модели может быть использован любой электрический звонок с прерывателем, рассчитанный на работу от источника постоянного тока низкого напряжения.

Сначала надо укрепить на панели звонок, а под ним — две стоечки — кусочки толстой медной проволоки такой длины, чтобы резиновое кольцо подвешенного между ними когерера оказалось возле молоточка звонка. При работе звонка молоточек должен ударять по резиновому кольцу. К контактным выводам когерера припаиваются латунные полоски шириной 4—5 *мм*, сложенные гармошкой. Свободными концами эти полоски припаиваются к стоечкам. Когерер можно также подвесить при помощи резиновых полосок, соединив выводы его со стоечками кусочками провода, свитыми в спирали.

Антенной служит штырь или кусок проволоки длиной 120—150 *см*. Провод противовеса должен иметь такую же длину.

В качестве возбудителя электромагнитных волн используется индукционная катушка (имеется в физическом кабинете школы), к разряднику которой подключаются проводники такой же длины, как антенна и противовес приемника. Эти проводники будут выполнять роль антенного устройства передатчика. При включении индукционной катушки, когда между ее разрядниками проскакивают искры, присоединенные к ней проводники излучают электромагнитные волны, которые возбуждают в модели приемника ток высокой частоты, спекающий металлические опилки когерера. При этом включается звонок. Как только выключается питание индукционной катушки, прекращается излучение волн и звонок перестает звонить.

Чем больше искра между разрядниками индукционной катушки, тем на большем расстоянии действует установка. Однако это расстояние обычно не превышает 5—6 *м*.

Вместо звонка в цепь когерера можно включить лампочку для карманного фонарика или измерительный прибор. Как только индукционная катушка даст разряд, лампочка загорится, а прибор покажет увеличение тока. От легкого удара пальцем по когереру опилки в нем встряхиваются, лампочка гаснет и ток через прибор уменьшается до нового разряда индукционной катушки.

Надо помнить, что индукционная катушка, снабженная излучающими проводниками, создает для радиовещательных приемников помехи в виде тресков. Поэтому пользоваться ею в качестве возбудителя электромагнитных волн во время демонстрации опытов нужно только самое короткое время.

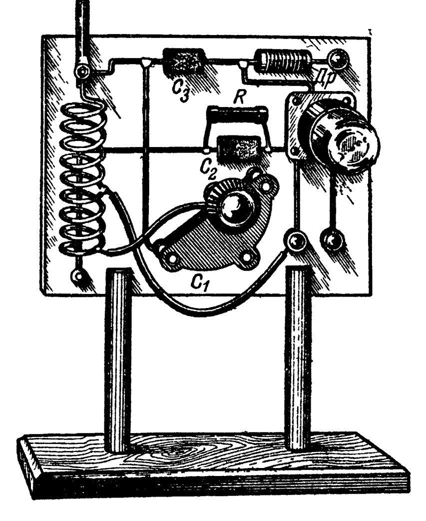
ГЕНЕРАТОР ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ И ОПЫТЫ С НИМ

Чтобы продемонстрировать принцип передачи и приема радиосигналов, зависимость настройки колебательного контура от его емкости и индуктивности, явление резонанса, а также проделать

некоторые другие интересные опыты, нужны генератор токов высокой частоты, колебательные контуры и кое-какие другие простые устройства.

Принципиальная схема и внешний вид учебного генератора токов высокой частоты показаны на рис. 413. В нем используется лучевой тетрод 6П1П, 6П6С, 6П3С или 6П14П, включенный триодом (экранирующая сетка соединена с анодом). Для питания анодной цепи генератора используется выпрямитель с напряжением 250—275 *в*, для питания нити накала — переменное напряжение 6,3 *в*.

Катушка L и конденсатор C_1 образуют колебательный контур генератора. Конденсатор C_2 и резистор R служат для создания на управляющей сетке лампы начального отрицательного напряжения смещения. Конденсатор C_3 — разделительный: свободно пропуская колебания высокой частоты, он задерживает постоянную составляющую анодной цепи лампы. Дроссель *Др* препятствует проникновению колебаний высокой частоты в выпрямитель.



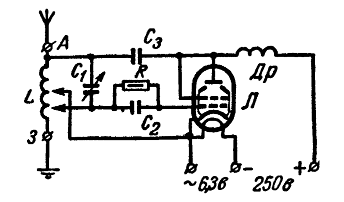


Рис. 413. Принципиальная схема и конструкция учебного генератора колебаний высокой частоты.

Катушка L содержит 8—10 витков медной проволоки диаметром 2—3 *мм*. Ее надо намотать виток к витку на цилиндрической болванке диаметром 50—80 *мм*. При креплении на панели ее немного растягивают, чтобы между витками получились промежутки по 8—10 *мм*.

Конденсатор C_1 должен быть с воздушным диэлектриком и иметь наибольшую емкость 100—200 *пф*. Между его подвижными и неподвижными пластинами должны быть зазоры по 2,5—3 *мм*, иначе при работе генератора между ними будет происходить искрение. Такой конденсатор можно сделать из конденсатора переменной емкости старой конструкции, удалив из него часть пластин. Он может быть и самодельным из четырех-пяти подвижных и пятишести неподвижных пластин. Конденсатор C_2 — слюдяной емко-

стью 220—250 *пф*. Резистор R — на мощность рассеяния не меньше 1 *вт*. Его сопротивление может быть в пределах 22—33 *ком*. Конденсатор C_3 должен быть обязательно слюдяным или керамическим емкостью 270—560 *пф* на рабочее напряжение не меньше 500 *в*.

Дроссель высокой частоты *Др* можно намотать на картонном каркасе длиной 40—50 и диаметром 15—20 *мм*, уложив на нем 50—80 витков провода ПЭЛ или ПШО 0,2—0,3.

Детали генератора на панелях соединяются медной проволокой толщиной 2—3 *мм*. Катод и цепь сетки лампы подключаются к катушке гибкими изолированными проводниками при помощи жестяных зажимчиков. Верхний конец контурной катушки соединяется с короткой металлической трубкой, в которую вставляется металлический штырек, выполняющий роль антенны. К зажиму, соединенному с нижним концом катушки, будет подключаться изолированный проводник, заменяющий заземление. Длина штыря антенны и проводника заземления по 80—100 *см*.

На ось конденсатора переменной емкости обязательно надо насадить эбонитовую или пластмассовую ручку.

Для налаживания и демонстрации работы генератора нужен высокочастотный пробник — такой же, как для налаживания передатчика (см. рис. 301). Лампочку желательно использовать по возможности с меньшим током накала.

После проверки правильности монтажа подключи к генератору выпрямитель. Вначале проводник, соединенный с катодом лампы, должен быть подключен к 3—4-му витку катушки (считая от нижнего конца), а подвижные пластины конденсатора переменной емкости должны находиться в среднем положении. Антенный штырь и проводник заземления пока не подключай.

Когда катод накалится, поднеси к генератору высокочастотный пробник, расположив его виток параллельно виткам контурной катушки. Лампочка пробника должна загореться. Она будет гореть тем ярче, чем ближе пробник к катушке. Удали теперь виток на такое расстояние от катушки, при котором лампочка его будет еще гореть, и переключением зажимчика катодного проводника на соседние витки катушки добейся наиболее яркого горения лампочки. Лампочка может перегореть, если поднести виток слишком близко к катушке генератора.

Этот генератор работает достаточно устойчиво. Диапазон генерируемых им частот находится примерно в пределах 15—20 *Мгц*, что соответствует волнам длиной 20—15 *м*.

Приемное устройство — простейший колебательный контур, схема и устройство которых показаны на рис. 414. Катушки и конденсатор переменной емкости, а также антенна и заземление здесь точно такие же, как и в генераторе. Между антенным зажимом и колебательным контуром включена сигнальная лампочка накаливания от карманного фонарика. При точной настройке контура на частоту генератора лампочка будет гореть.

Вот некоторые опыты, которые можно проделать с генератором и приёмным контуром.

Опыт первый. Поднеси к контурной катушке генератора неоновую лампочку — она будет светиться. Почему? Потому что электрическое поле высокой частоты, пронизывая лампочку, ионизирует частицы газа, наполняющего ее баллон. При этом они светятся. «Прощупывая» цоколем неоновой лампочки все проводники цепей генератора, легко убедиться, что колебания высокой частоты есть всюду, кроме тех проводников, куда их не пропускает дроссель.

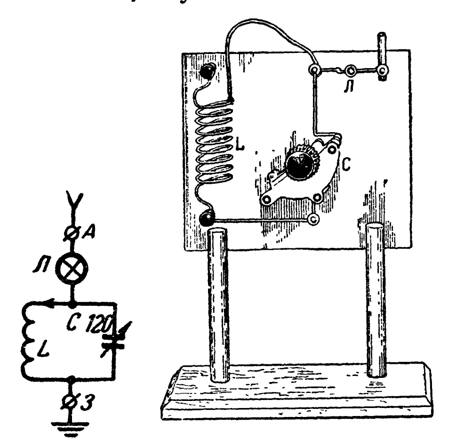


Рис. 414. Приемный колебательный контур.

Опыт второй. Привяжи на ниточке лезвие безопасной бритвы и, взяв нитку за второй конец, опусти лезвие внутрь катушки генератора. Через некоторое время лезвие нагреется (нужно проверить это при различных положениях подвижных пластин конденсатора переменной емкости и заметить то, при котором получается наилучший результат). Если лезвие обернуть небольшим кусочком кинопленки, то пленка воспламенится, что будет свидетельствовать о сильном нагреве лезвия.

Почему нагревается стальное лезвие? Потому что магнитное поле высокой частоты, существующее в катушке, возбуждает в металле лезвия токи, которые и нагревают его. На этом принципе, как ты уже знаешь, основаны высокочастотные закалка и плавка металла.

Опыт третий. Подключи к генератору высокой частоты антенну и заземление, превратив таким образом генератор в передатчик. Установи подвижные пластины конденсатора в среднее положение. Вблизи генератора поставь приемный колебательный контур, также снабженный антенной и заземлением (рис. 415). Настрой приемный контур на частоту генератора. При этом лампочка, включенная в цепь антенны приемного контура, будет ярко гореть. Измени частоту генератора, и лампочка приемного контура погаснет. Чтобы она вновь загорелась, необходимо приемный контур настроить в резонанс с частотой генератора.

Расстояние между генератором и приемным контуром, при котором горит лампочка, зависит от напряжения выпрямителя, питающего генератор, и величины тока накала лампочки. При использовании лампочки от карманного фонарика, рассчитанной

на ток 0,28 *а*, она может гореть на расстоянии 1—1,5 *м*, а при лампочке, рассчитанной на ток 0,15 *а*, это расстояние может достигать 2—3 *м*. А если проводники заземления генератора и приемного контура соединить, то расстояние, на котором будет гореть лампочка приемного контура, может увеличиться до 15—20 *м*.

Опыт четвертый. Расположи приемный контур и генератор на расстоянии 0,5—1 *м* один от другого и настрой их в резонанс. Затем помести между ними лист бумаги, кусок фанеры или деревянный щит. Лампочка приемного контура будет по-прежнему светиться. Если даже генератор установить с одной стороны стены,

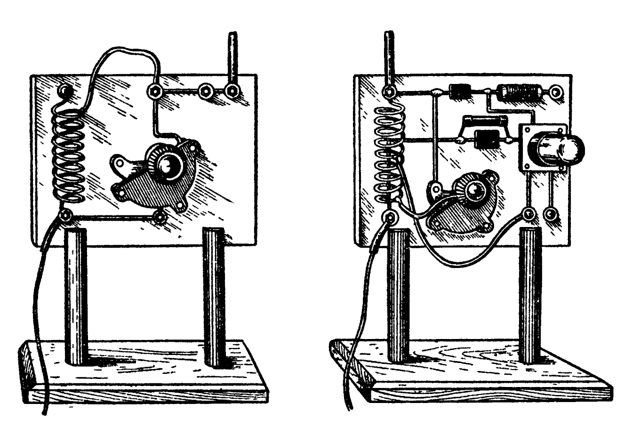


Рис. 415. Демонстрация принципа радиопередачи и радиоприема.

а приемный контур — с другой, лампочка приемного контура все равно будет гореть. Значит, радиоволны свободно проникают через эти преграды. Связь между генератором и приемником ухудшается или совсем пропадет, если между ними поместить металлический лист. В этом случае часть энергии радиоволн будет поглощаться металлом, а часть рассеиваться им. Поэтому до антенны приемника излучаемая антенной передатчика энергия радиоволн почти не дойдет.

Посоветуйся с преподавателем физики; он подскажет еще некоторые не менее любопытные демонстрационные опыты с генератором тока высокой частоты.

Хотя и невелика мощность учебного генератора высокой частоты, но и он создает в эфире помехи. Поэтому пользоваться им следует лишь непродолжительное время — только для демонстрации опытов. К тому же очень осторожно, не забывая, что в его анодной цепи действует высокое напряжение!

РАЗВЕРНУТАЯ СХЕМА РАДИОПРИЕМНИКА

Большую ценность для физического кабинета и радиокружка представляют развернутые схемы действующих радиоприемников или отдельных каскадов, из которых можно составить приемник.

Наиболее желательными учебными пособиями являются детекторный приемник, одноламповый усилитель низкой частоты, простейший одноламповый приемник и выпрямитель. Они, как и описанные выше пособия, монтируются на плоских панелях с подставками.

Детекторный приемник лучше всего сделать с цилиндрической катушкой и конденсатором переменной емкости (рис. 416). Доста-

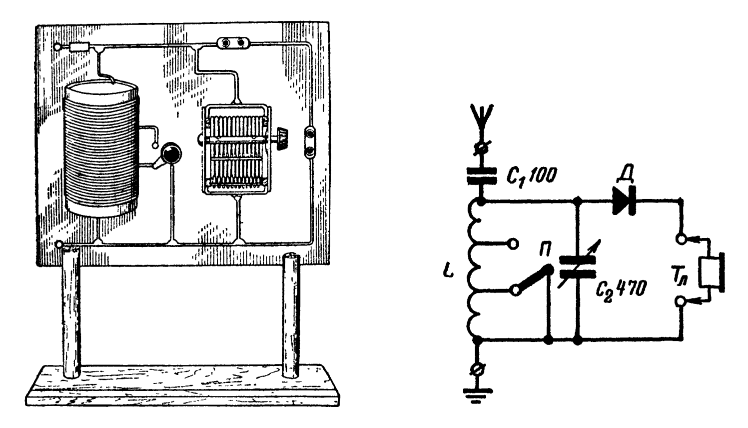


Рис. 416. Развернутая схема детекторного приемника.

точно подключить телефон, антенну и заземление — и приемник готов к демонстрации.

На одном щите можно смонтировать несколько разных развернутых схем детекторных приемников. Такое пособие позволит начинающим радиолюбителям рассмотреть различные варианты схем приемников и выбрать для постройки ту из них, которая им больше понравится.

Наиболее простой однокаскадный усилитель низкой частоты — на триоде, например на лампе 6С5С (рис. 417). В анодную цепь лампы такого усилителя можно включать телефон, электромагнитный или маломощный электродинамический громкоговоритель. Усилитель, разумеется, может быть более сложным, например двухкаскадным с выходной мощностью 1—3 *вт*, который можно использовать для проигрывания грампластинок, в качестве маломощного радиоузла.

Простой одноламповый приемник показан на рис. 418. Параллельно телефонным гнездам, являющимся выходом приемника,

подключен резистор R_2, который будет служить нагрузкой лампы, когда к приемнику будет добавляться усилитель низкой частоты.

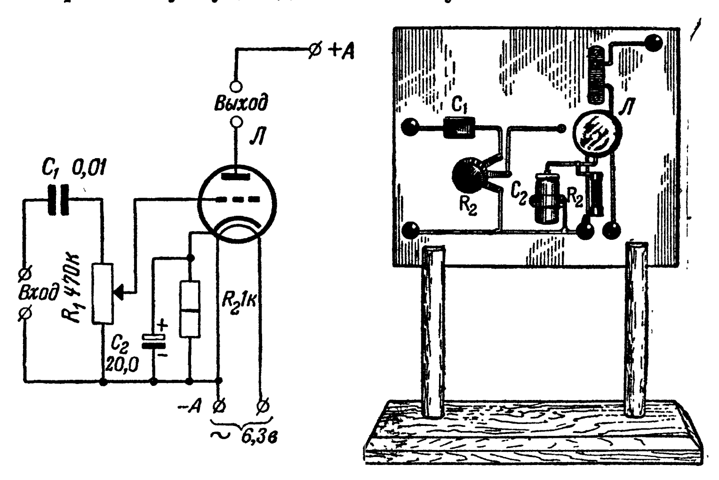


Рис. 417. Принципиальная схема и конструкция однолампового усилителя низкой частоты.

С целью упрощения пособия для приемника следует использовать триод, например триодную часть лампы 6Г2. В случае использова-

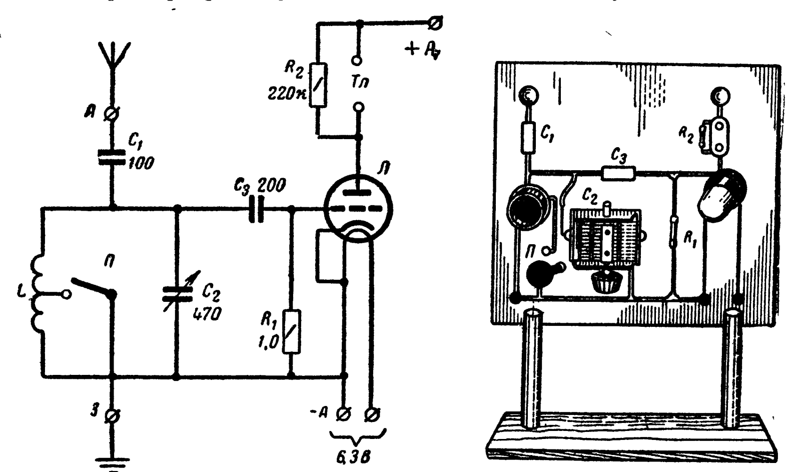


Рис. 418. Принципиальная схема и конструкция однолампового приемника.

ния пентода надо будет лишь добавить цепь питания экранирующей сетки.

Выпрямитель для питания учебных пособий может быть собран по любой из знакомых схем — однополупериодный или двухполу-

периодный, на кенотроне, селеновых вентилях или плоскостных диодах. На панели выпрямителя могут находиться измерительные приборы, показывающие напряжения и токи анодных и накальных цепей питающихся от него пособий.

Предлагаемые пособия позволяют демонстрировать схемы, устройство и работу детекторного приемника без усилителя и с усилителем, однолампового приемника. Добавив к одноламповому приемнику усилитель низкой частоты, получим двухламповый приемник прямого усиления по схеме 0 — V — 1.

А если смонтировать еще каскад усиления высокой частоты, аналогичный одноламповому приемнику, но на пентоде, комплект пособий позволит демонстрировать еще схемы приемников прямого усиления 1 — V — 0, 1 — V — 1.

Подобным образом на панели можно развернуть схему любого транзисторного приемника или усилителя, например приемника прямого усиления по схеме на рис. 244. Транзисторы, конденсаторы, резисторы и соединительные проводники монтируются на «гвоздиках», выходные гнезда для подключения телефона или громкоговорителя и выключатель питания врезаются в панель, батарейка крепится к панели жестяным хомутиком.

Налаживание таких и подобных им пособий ничем не отличается от налаживания конструкций, монтируемых в футлярах.

РЕЗОНАНСНЫЙ УКВ ВОЛНОМЕР

Для налаживания любительских передатчиков и приемников УКВ радиостанций, аппаратуры управления моделями по радио нужен резонансный УКВ волномер. Называется этот прибор резонансным потому, что действие его основано на явлении резонанса электрических колебаний налаживаемой аппаратуры и этого прибора.

Принципиальная схема и устройство простого резонансного волномера показаны на рис. 419. Он представляет собой детекторный приемник, на выходе которого (зажимы *а* и *б*) подключается индикатор настройки — микроамперметр или телефон. Шкала прибора градуируется в частотах, соответствующих 10-метровому любительскому диапазону.

Катушку волномера намотай медным проводом толщиной 1,5—1,8 *мм* на пластмассовом цоколе от перегоревшей радиолампы типа 6Н8С, 6П6С или им подобной, имеющем диаметр 32 *мм*. Число витков 7, расстояние между витками 1,5—2 *мм*. Концы катушки надежно закрепи в отверстиях, просверленных в ее каркасе.

Конденсатор C_2 — подстроечный с воздушным диэлектриком или керамический типа КПК. Используя конденсатор КПК, удлини ось его ротора, припаяв к ней снизу кусок толстой проволоки, на который можно насадить ручку с указателем настройки при-

бора. Детектор — любой точечный диод (Д2, Д9). Миллиамперметр на ток 100—500 *мка*.

При таких данных контура волномер перекрывает диапазон частот примерно от 25 до 32 *Мгц*.

Детали прибора смонтируй на гетинаксовой пластинке, которую удобно держать в руке.

Для градуирования шкалы волномера придется обратиться в местный радиоклуб, в радиолабораторию станции или клуба юных техников, дома или дворца пионеров, где есть сигнал-генератор СГ-1. К выходным зажимам сигнал-генератора подключи катушку из 3—4 витков диаметром 25—30 *мм*, а возле нее расположи катушку волномера. Подав на выход сигнал-генератора сигнал с частотой 28, 85 *Мгц*, промодулированный звуковыми колебаниями, настрой на эту частоту волномер. В момент резонанса в телефоне, подключенном к выходным зажимам волномера, должен отчетливо прослушиваться звуковой тон модуляции, а стрелка микроамперметра, подключенного вместо телефона, должна давать наибольшее отклонение. Изменяя индуктивность катушки волномера путем сближения ее витков или увеличением расстояния между ними, добейся, чтобы настройка контура волномера на эту частоту создавалась при средней емкости конденсатора C_2. Затем, уже не трогая витков катушки, проградуируй всю шкалу частот, перекрываемых волномером. В дальнейшем по этой шкале ты будешь определять частоту колебаний в контурах настраиваемой УКВ аппаратуры.

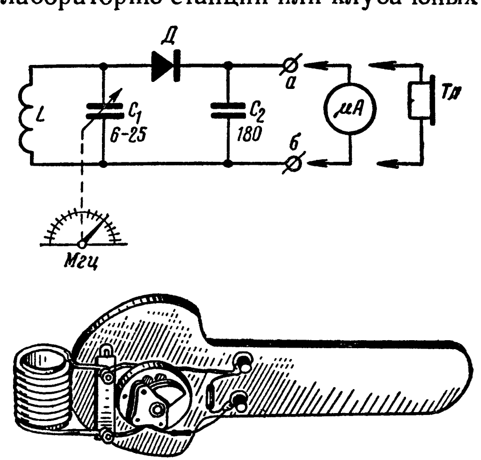


Рис. 419. Резонансный УКВ волномер.

Закончив градуирование волномера, сразу же витки катушки приклей к ее каркасу клеем БФ-2, чтобы они не сползали. Иначе может измениться собственная частота контура прибора, нарушиться градуировка шкалы.

ИНДИКАТОР НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ

При налаживании УКВ радиостанции, аппаратуры для управления моделями по радио большую помощь окажет индикатор напряженности поля. С помощью индикатора напряженности поля

значительно облегчается настройка антенны передатчика и выбор наилучшей связи ее с выходным контуром, что обеспечивает наибольшую отдачу в антенну мощности высокочастотных колебаний.

Принципиальная схема такого прибора показана на рис. 420. Он представляет собой детекторный приемник с транзисторным усилителем постоянного тока, на выход которого включен микроамперметр. Питание индикатора осуществляется от батарейки для карманного фонарика.

Контурная катушка L, конденсатор настройки C_2 и детектор $Д$ точно такие же, как в резонансном волномере. Детектор подключается к 3-му витку катушки, считая от нижнего конца. Транзистор с коэффициентом усиления 60—100; микроамперметр, являющийся индикатором прибора, на ток 100 *мка*. Переменный резистор R_3 служит для установки стрелки микроамперметра на «нуль» перед началом измерений. Антенна прибора — кусок медной или латунной проволоки длиной 50—60 *см* и диаметром 2,5—3 *мм*.

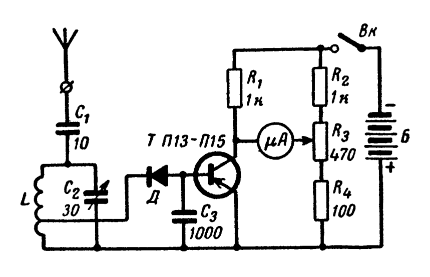


Рис. 420. Схема индикатора напряженности поля.

Индикатор напряженности поля, как и волномер, градуируется с помощью УКВ сигнал-генератора. Отградуированным прибором можно пользоваться и как волномером.

Индикатор должен быть переносным, чтобы можно было производить измерения в различных точках вокруг антенны передатчика. Что же касается его конструкции, то она может быть произвольной. Важно лишь, чтобы футляр был металлическим, выполняющим роль экрана. Иначе сигналы передатчика могут попадать на колебательный контур, минуя антенну, и показания прибора могут быть ошибочными.

Для проверки напряженности поля индикатор устанавливается на расстоянии 3—5 *м* от передатчика. При точной настройке его контура на несущую частоту передатчика стрелка микроамперметра должна отмечать незначительные, но все же заметные показания. По мере улучшения настройки выходного каскада передатчика и согласования с ним антенны микроамперметр индикатора должен показывать увеличивающийся ток, что свидетельствует о повышении мощности радиоволн, излучаемых антенной передатчика. При этом положение измеряющего человека по отношению к антенне индикатора напряженности поля не должно изменяться. В противном случае показания прибора будут «плавающими».

ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР

Принципиальная схема звукового генератора, необходимого для проверки и налаживания аппаратуры радиотелеуправления, а также усилителей низкой частоты, показана на рис. 421. Питание звукового генератора осуществляется от одной батареи «Крона» или двух батареек для карманного фонарика, соединенных последовательно.

Первые два транзистора (T_1 и T_2) работают по так называемой схеме RC-генератора с мостом Вина. Эта часть схемы генерирует электрические колебания звуковой частоты от 200 до 3 000 *гц*.

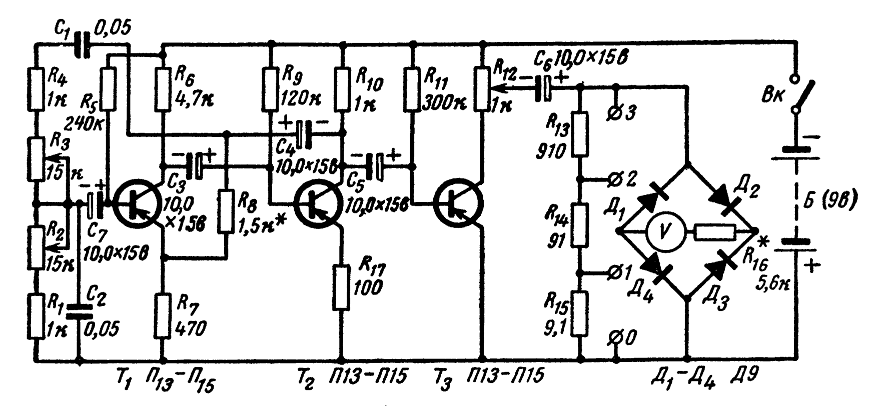


Рис. 421. Принципиальная схема звукового генератора.

Частота колебаний плавно изменяется спаренными переменными резисторами R_2 и R_3. Третий транзистор (T_3) прибора — усилитель мощности генерируемых колебаний звуковой частоты.

Резисторы R_{13}, R_{14} и R_{15} образуют делитель напряжения, снимаемого с выхода генератора, в пределах от 5—10 *мв* до 3 *в*. Регулировка амплитуды выходного напряжения осуществляется переменным резистором R_{15}, а контроль за этим напряжением — вольтметром *V*. Резистором R_{16} устанавливается показание вольтметра, соответствующее 3 *в*. Если выходное напряжение снимать с зажимов *0* и *1*, оно будет равно показанию вольтметра, деленному на 100. Выходное напряжение на зажимах *0—2* будет соответствовать показанию вольтметра, деленному на 10, а на зажимах *0—3* — полному показанию вольтметра. Если, например, вольтметр показывает 3 *в*, а напряжение снимается с зажимов *0—2*, то оно соответствует напряжению 0,3 *в*.

Примерная конструкция звукового генератора показана на рис. 422. Лицевую стенку футляра, на которой размещаются спаренные резисторы R_2 и R_3, выключатель питания, вольтметр, переменный резистор R_{12} регулировки выходного напряжения и выход-

ные зажимы генератора, желательно сделать из листового гетинакса или текстолита толщиной 3 *мм*. Остальные детали, в том числе батарея, монтируются на более тонкой и меньших размеров гетинаксовой плате, которая крепится к лицевой стенке футляра. Боковые и задняя стенки футляра могут быть как металлическими, так и фанерными — безразлично. Надо только постараться, чтобы внешний вид футляра был опрятным, а конструкция генератора — прочной, ведь пользоваться этим прибором будешь не только ты, но и твои товарищи по классу, кружку.

Но до окончательной сборки генератора, монтаж его надо тщательно проверить и сверить с принципиальной схемой. Если включить питание, а к выходным зажимам подключить телефон, то при вращении ручки резисторов R_2 и R_3 ты услышишь в телефоне звук, плавно изменяющийся от низкого до высокого тона.

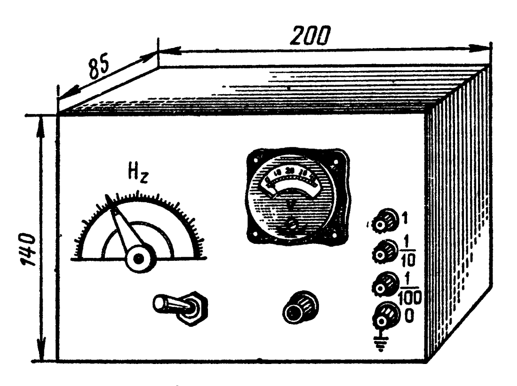


Рис. 422. Звуковой генератор.

Для градуировки прибора потребуются генератор типа ЗГ-10 или ЗГ-11 и осциллограф. На зажимы вертикального входа осциллографа (зажимы *У*) подается напряжение от самодельного генератора, а на его зажимы горизонтального входа (зажимы *X*) — напряжение от заводского генератора. Равенство частот генераторов определяется по так называемым фигурам Лиссажу — кривым линиям, создающимся на экране осциллографа. Отградуированная шкала самодельного прибора будет исходным показателем генерируемых им звуковых колебаний.

ТЕСТЕР ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ

Простой прибор, о котором мы рассказывали в шестнадцатой беседе, был по существу только пробником, позволявшим судить о качестве транзистора и весьма приближенно о его коэффициенте усиления. Прибор же, который мы здесь предлагаем, дает возможность достаточно точно проверить транзистор по трем его основным параметрам: $I_{к,о}$, $I_{к,с}$ и β.

Принципиальная схема тестера приведена на рис. 423, *а*. В ней ты без труда обнаружишь измерительные схемы, знакомые по двадцать первой беседе. Примерная же конструкция тестера показана на рис. 423, *б*.

Для изготовления тестера понадобятся: микроамперметр типа М-24 на ток 150 *мка*, трехплатный переключатель на пять положений с двумя группами контактов на каждой плате, шесть постоянных резисторов типа МЛТ-0,5, переменный резистор, три зажима-«крокодильчика», тумблер типа ТВ-2-1 и три источника тока ($Б_1$ — элемент ФБС-0,25; $Б_2$ и $Б_3$ — батарейки 3,7-ФМЦ-05). Все детали

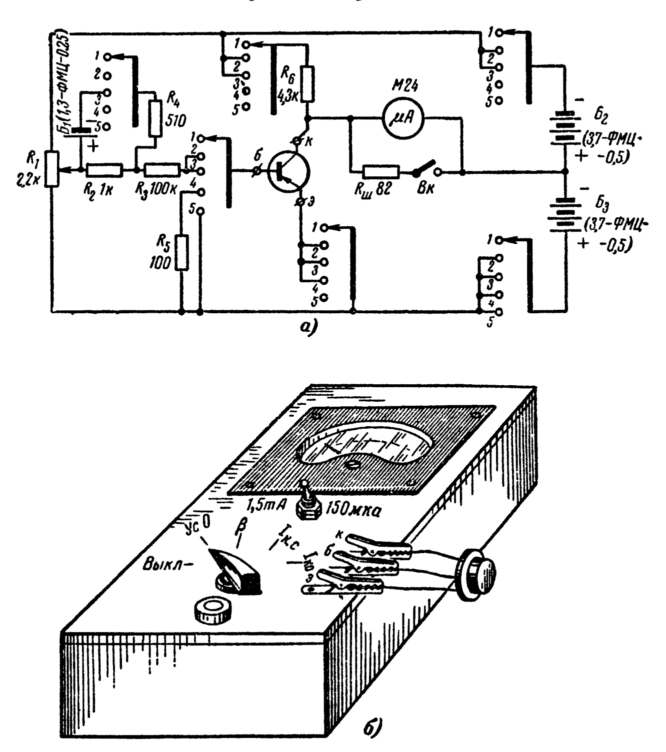


Рис. 423. Тестер для проверки транзисторов.

а — схема, *б* — общий вид.

монтируются на панели толщиной 2,5—3 *мм* из листового изоляционного материала, которая будет крышкой футляра тестера.

Когда контакты переключателей находятся в положении *1*, прибор выключен. В положении *2* стрелка микроамперметра устанавливается на «нуль». Положение *3* переключателей соответствует измерению значения β, *4* — измерению сквозного тока коллектора $I_{к.с}$, *5* — измерению обратного тока коллектора $I_{к.о}$. С помощью тумблера *Вк* микроамперметр шунтируется резистором $R_ш$. В этом случае чувствительность микроамперметра уменьшается в 100 раз — до 1,5 *ма*, что позволяет измерять значения β транзисторов до 150. Транзисторы с более высоким коэффициентом уси-

ления мы вообще не рекомендовали и не рекомендуем использовать в любительской радиоэлектронной аппаратуре.

Прежде чем подключить измеряемый транзистор, надо убедиться в том, что переключатель находится в положении «Выключено», а тумблер — в положении «1,5 *ма*» (резистор $R_ш$ шунтирует микроамперметр). Транзистор подключается к тестеру сначала выводом базы, а потом выводом эмиттера. Коллекторный вывод подключается последним. (Отключение выводов транзистора идет в обратном порядке.)

Затем переключатель переводят в положение «Установка нуля» и, вращая ручку резистора R_1, стрелку микроамперметра устанавливают на нулевом делении шкалы. Если стрелка прибора уходит за пределы шкалы и ее не удается вывести на нуль, значит транзистор неисправен.

В положении «Измерение β» прибор показывает значение коэффициента усиления транзистора по току. При этом ток базы увеличивается точно до 10 *мка*, а показание прибора, умноженное на 100, будет соответствовать численному значению β. Если стрелка прибора дает малое отклонение, тумблер *Вк* переводится в положение «150 *мка*». В этом случае прибор показывает значение β и дополнительного расчета не требует.

В положении переключателя «$I_{к.с}$» измеряется ток транзистора в схеме с заземленным эмиттером при базе, соединенной с эмиттером через резистор R_5 сопротивлением 100 *ом*. Тумблер *Вк* при этом следует поставить в положение «150 *мка*».

В положении переключателя «$I_{к.о}$» тестер измеряет обратный ток коллектора, который не должен превышать 30 *мка*.

После окончания проверки транзистора тумблер *Вк* ставится в положение «1,5 *ма*», а переключатель — в положение «Выключено». Только после этого можно отключать транзистор от тестера.

Чтобы быть уверенным, что показания самодельного тестера правильны, надо сравнить его работу с работой заводского, заведомо исправного тестера. Один и тот же транзистор проверь на самодельном тестере и контрольном. Если показания обоих тестеров различаются не больше, чем на $\pm$ 20%, то можно считать, что самодельный тестер работает исправно.

О

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ШКОЛЬНОГО КРУЖКА РАДИОЛЮБИТЕЛЕЙ

Тема 1. Радиотехника и радиолюбители (1 *ч*)

7 мая — праздник «День радио». Изобретатель радио — русский ученый А. С. Попов. Краткие сведения из истории развития радио. В. И. Ленин о радио.

Значение радиотехники в науке, техническом прогрессе и культурной жизни страны, в завоевании космоса и обороне страны.

Радиолюбители — резерв кадров радиотехнической промышленности, связи. Общественно полезная работа радиолюбителей.

Тема 2. Основы радиопередачи и радиоприема (3 *ч*)

Понятие о строении вещества, электрическом токе и его источниках, сопротивлении проводников. Магнитные и тепловые свойства тока. Единицы измерения электрического напряжения, величины и мощности тока, сопротивления проводников и резисторов.

Закон Ома — основной закон электрической цепи.

Техника безопасности пользования электроосветительной сетью.

Знакомство с устройством конденсаторов, трансформаторов. Единицы измерения емкости конденсаторов.

Как звуковые колебания преобразуются в электрические и электрические в звуковые — ознакомление с принципами проводной связи.

Понятие об электромагнитных колебаниях, длине и скорости распространения радиоволн.

Блок-схема радиовещательной станции. Понятие о генерировании колебаний высокой частоты, модуляции, излучении и распространении радиоволн.

Сущность радиоприема.

Практические работы. Ознакомление с устройством химических источников тока. Изготовление и испытание самодельных гальванических элементов.

Опыты с замкнутой электрической цепью. Сборка и испытание простейшего устройства для проводной связи из микрофона, головного телефона и батарейки. Опыты с учебным генератором высокой частоты.

Тема 3. **Детекторный радиоприемник и его элементы (6 *ч*)**

Принципиальная схема простейшего детекторного приемника и назначение его деталей.

Устройство антенны и заземления. Типы антенн. Наружная антенна и заземление — обязательное условие для надежной работы простого радиоприемника. Антенна и заземление — элементы колебательного контура приемника.

Конструкции катушек индуктивности и способы настройки колебательных контуров.

Детектор — простейший двухэлектродный полупроводниковый прибор. Понятие о работе детектора.

Устройство, детали и принцип действия головного телефона. Роль конденсатора, блокирующего головной телефон.

Возможные неисправности детекторного приемника, способы их нахождения и исправления.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных и монтажных схем детекторных приемников, намечаемых к постройке.

Установка наружной антенны, устройство заземления. Оборудование вводов антенны и заземления грозовым переключателем.

Изготовление панелей и деталей приемников. Монтаж приемников. Проверка смонтированных приемников по принципиальным схемам. Испытание готовых приемников.

Тема 4. **Электронные лампы и полупроводниковые приборы (6 *ч*)**

Устройство двухэлектродной электронной лампы — диода. Наименование электродов, основные параметры и использование диодов.

Устройство, схематическое обозначение и основные параметры триода. Работа триода как усилителя электрических колебаний.

Устройство, схематическое обозначение, принцип работы и применение тетрода и пентода. Преимущества тетрода и пентода перед триодом.

Лучевые тетроды и выходные пентоды: устройство, схематическое обозначение, применение. Понятие о выходной мощности выходной лампы. Включение электродинамического громкоговорителя в анодную цепь выходной лампы.

Комбинированные лампы. Цоколевка и маркировка радиоламп.

Свойства полупроводников. Понятие о полупроводниках *n*-типа и *p*-типа.

Устройство, обозначение и принцип действия полупроводниковых диодов. Понятие о прямом и обратном напряжениях и токах диодов. Маркировка, применение и основные параметры точечных и плоскостных полупроводниковых диодов.

Транзистор — трехэлектродный полупроводниковый прибор. Классификация, схемы включения и физическая сущность работы транзисторов. Особенности монтажа транзисторов и работы с ними.

Практические работы. Опыты, иллюстрирующие принцип работы электронных ламп и полупроводниковых приборов.

Изготовление учебно-наглядных пособий «Электронные лампы», «Полупроводниковые диоды», «Транзисторы».

Тема 5. Выпрямитель (6 *ч*)

Как происходит преобразование переменного тока в постоянный. Однополупериодное и двухполупериодное выпрямление переменного тока.

Принципиальные схемы однополупериодного и двухполупериодного выпрямителей на электронных лампах и полупроводниковых диодах.

Назначение и принцип работы фильтра, сглаживающего пульсации выпрямленного тока.

Простейший расчет и изготовление трансформатора питания.

Техника безопасности при работе с выпрямителями.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных и монтажных схем выпрямителей. Подбор деталей, монтаж и испытание выпрямителя для испытания конструкций, изготовляемых в кружке.

Тема 6. Усилитель низкой частоты (20 *ч*)

Усилители низкой частоты и их назначение.

Принцип действия и назначение деталей однокаскадного и двухкаскадного усилителей низкой частоты на электронных лампах и транзисторах. Питание (батареи, выпрямитель) усилителя.

Зависимость чувствительности и выходной мощности усилителя от используемых в нем электронных ламп или транзисторов, от числа каскадов, источников питания.

Принцип работы радиотрансляционного узла.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных схем, составление монтажных схем усилителей. Заготовка и разметка панелей, крепление деталей на них. Монтаж, испытание и налаживание усилителей низкой частоты для проигрывания грампластинок, для радиофикации школы (по выбору кружковцев).

Изготовление учебно-наглядных пособий «Усилители низкой частоты».

Тема 7. Приемники прямого усиления (16 *ч*)

Блок-схема приемника прямого усиления. Как работает усилитель высокой частоты. Электронная лампа и транзистор в роли детектора. Способы междукаскадных связей.

Понятие о чувствительности и избирательности радиоприемника. Положительная обратная связь, ее влияние на избирательность и чувствительность приемника и способы ее осуществления.

Требования, предъявляемые к походному транзисторному приемнику: компактность, экономичность, прочность монтажа.

Принципиальные схемы и назначение деталей приемников, намечаемых к постройке в кружке (ламповых и транзисторных — в зависимости от возможностей кружка).

Техника монтажа, испытание и налаживание приемников прямого усиления.

Практические работы. Вычерчивание принципиальных схем приемников. Подбор, заготовка и испытание деталей. Составление монтажных схем. Изготовление панелей и футляров для приемников. Монтаж, проверка монтажа и налаживание простых (в том числе учебных, развернутых на щитах) радиоприемников прямого усиления.

Испытание транзисторных приемников в походных условиях.

Тема 8. Беседы о радиоэлектронике

«Советское радиовещание». «Телевидение и перспективы его развития». «Космовидение». «Радиолокация в народном хозяйстве и обороне страны». «Электронная автоматика и технический прогресс». «Что такое кибернетика».

* * *

Кружок, работающий по предлагаемой программе, рассчитан на учащихся, не занимавшихся ранее радиолюбительством, и, следовательно, является кружком начинающих радиолюбителей. В скобках указано ориентировочное время, планируемое на каждую тему. В зависимости от состава кружка это время может быть изменено, а программа дополнена другими темами.

Имеется в виду, что занятия кружка, слагающиеся из коротких популярных бесед и практических работ, будут проводиться 1 раз в неделю по 2—3 *ч*. Желательно, чтобы все конструкции, намечаемые к постройке, предварительно обсуждались на занятиях кружка. Отдельные виды практических работ могут выполняться ребятами дома.

Последняя тема программы временем вообще не регламентируется, так как перечень планируемых бесед может быть изменен, расширен или, наоборот, сокращен. Это могут быть и темы школьных вечеров, посвященных достижениям и применению различных областей радиотехники и электроники, приуроченных к знаменательным событиям, например «Дню радио», «Дню космонавтики», годовщине со дня рождения А. С. Попова.

○

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наши беседы окончены. В них мы познакомили тебя с основами электро- и радиотехники, с азбукой автоматики и телемеханики, научили собирать, испытывать и налаживать разные по сложности радиотехнические приборы и устройства, рассказали о современном применении радиоэлектроники. Теперь перед тобой открылись обширнейшие перспективы совершенствования своих знаний в области радиотехники и электроники, широкий путь к активной общественной и конструкторской работе.

Нам хотелось бы, чтобы ты, наш юный друг, свою дальнейшую радиолюбительскую деятельность связал прежде всего со своей школой. Будь организатором кружка, помоги своим товарищам стать радиолюбителями. Школа с ее мастерскими — отличнейшая база для плодотворной работы кружка. Постарайся направить самодеятельность кружка на радиофикацию школы, оснащение физического кабинета учебными и демонстрационными пособиями по радиотехнике, внедрение в жизнь школы средств автоматики.

Будь среди товарищей инициатором овладения техникой ультракоротковолновой связи. Какие заманчивые перспективы откроются перед теми, кто займется этим видом радиолюбительского спорта! Ультракоротковолновая станция величиной с фотоаппарат — незаменимое средство связи в походах и экскурсиях. А разве не увлекательно принять участие в соревнованиях ультракоротковолновиков в «охоте на лис»?

Каждый год проводятся выставки технического творчества школьников, радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ. Творчество школьников постоянно демонстрируется в павильоне «Юные техники» Выставки достижений народного хозяйства СССР. Эти выставки обогащают знания и опыт, расширяют круг товарищей по интересам. Стремись к тому, чтобы на них были твои работы и работы твоих товарищей.

Коммунистическая партия и Советское правительство поставили задачу шире использовать радиотехнику и электронику на производстве, в сельском хозяйстве, на транспорте, в науке и технике. Для решения этой государственной задачи, для дальнейшего прогресса отечественной радиоэлектроники нужны многочисленные кадры радиоспециалистов, поиск, массовый опыт, широкие эксперименты.

Огромную помощь в этом деле оказывало, оказывает и впредь будет оказывать радиолюбительство, которое у нас справедливо называют народной радиолабораторией. И ты можешь найти свое место в этой чудесной лаборатории.

Не исключено, что, будучи радиолюбителем, ты впоследствии станешь хорошим радиотехником, радиоинженером, изобретателем, ученым в области радио. Ты сможешь создавать совершенно новые конструкции радиоприемников и передатчиков, работающие от атомных или солнечных батарей, портативные быстродействующие электронные машины, аппаратуру для передачи энергии без проводов, приборы автоматического управления цехами, заводами, комбинатами, химическими реакциями, внутриядерной энергией.

Может быть, именно тебе предстоит быть одним из творцов фотонных или ионных ракет, которые будут летать со скоростью света, прокладывать в Космосе электромагнитные дороги для межпланетных кораблей, решать другие проблемы, интересующие человечество. Сегодня это пока мечта. А завтра мечта станет реальностью, оставив далеко позади самую смелую фантазию писателей.

А если тебе и не доведется стать радиоспециалистом, то всюду, куда бы ни привела тебя жизненная дорога, ты всегда сумеешь применить на практике те знания и умения, которые тебе дало радиолюбительство. Совершенствуй свои знания, конструируй, изобретай, выдвигай смелые проекты и со всей страстью энтузиаста осуществляй их.

Помни: новые пути в науке и технике прокладывают и простые люди, практики, новаторы производства.

О

1. ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЕ И ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ЛАМПЫ

Обозначение	Тип лампы	Схема лампы и цоколевка, № (стр. 565, 566)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Выходная мощность, *вт*
Батарейные приемно-усилительные лампы										
1А1П	Гептод-преобразователь	1	1,2	0,06	90	45	0	0,8	1,9	—
1А2П	То же	1	1,2	0,03	60	45	0	0,7	1,1	—
1Б1П	Диод-пентод в. ч.	2	1,2	0,06	90	60	0	1,6	0,4	—
1Б2П	То же	2	1,2	0,03	60	45	0	0,9	0,2	—
1К1П	Пентод в. ч.	3	1,2	0,06	90	45	0	1,8	0,65	—
1К2П	То же	3	1,2	0,03	60	45	0	1,4	0,4	—
2Ж2М	» »	4	2,0	0,06	120	70	—1,0	1,0	0,3	—
2К2М	» »	4	2,0	0,06	120	70	—1,0	2,0	0,6	—
2П1П	Лучевой тетрод	5	1,2	0,12	90	90	—4,5	9,5	2,2	0,27
2П2П	То же	5	1,2	0,06	60	60	—3,5	3,5	0,8	0,09
Сетевые приемно-усилительные лампы										
6А2П	Гептод-преобразователь	6	6,3	0,3	250	100	—1,5	3,0	7,0	—
6А7	То же	7	6,3	0,3	250	100	0	3,5	9,0	—
6А8	» »	8	6,3	0,3	250	100	—3,0	3,3	2,7	—
6А10С	» »	7	6,3	0,3	250	100	0	3,5	9,0	—
6Б2П	Диод-пентод в. ч.	9	6,3	0,3	250	100	—1,5	6,5	1,8	—
6Б8С	То же	10	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,0	2,3	—
6Г1	Двойной диод-триод н. ч.	11	6,3	0,3	250	—	—9,0	9,5	—	—
6Г2	То же	11	6,3	0,3	250	—	—2,0	1,1	—	—
6Г7	» »	12	6,3	0,3	250	—	—3,0	1,1	—	—
6Е1П	Индикатор настройки	13	6,3	0,3	100	—	—2,0	2,0	—	—
6Е5С	То же	14	6,3	0,3	250	—	—4,0	5,3	—	—
6Ж2П	Пентод в. ч.	15	6,3	0,175	120	120	—2,0	5,5	5,5	—
6Ж3	То же	16	6,3	0,3	250	150	—1,0	10,8	4,0	—
6Ж3П	» »	17	6,3	0,3	250	150	—1,7	7,0	2,0	—
6Ж4П	» »	18	6,3	0,3	250	150	—1,0	10,8	4,3	—
6Ж7	» »	19	6,3	0,3	250	100	—3,0	2,1	0,6	—
6Ж8	» »	20	6,3	0,3	250	100	—3,0	3,0	0,8	—
6И1П[1]	Триод-гептод-преобразователь	21	6,3	0,3	100 / 250	— / 100	—10 / —2	5 / 3,3	— / 6,0	—
6К3	Пентод в. ч.	20	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,2	2,5	—
6К4П	То же	18	6,3	0,3	250	100	—1,0	11,0	4,2	—
6К7	» »	19	6,3	0,3	250	100	—3,0	7,0	1,7	—
6К9С	» »	19	6,3	0,3	250	100	—3,0	9,2	2,5	—

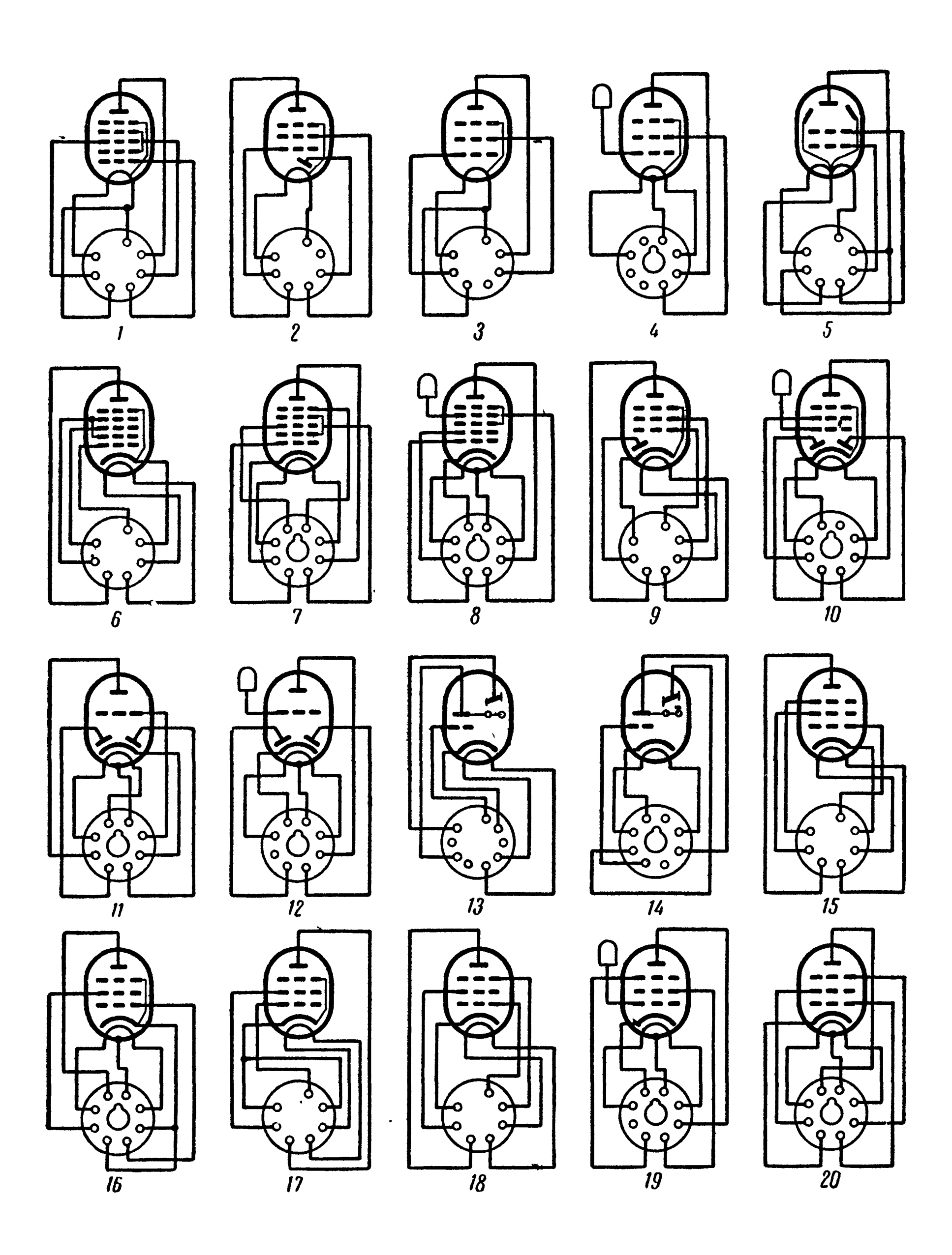
[1] В числителе указаны параметры для триодной части, в знаменателе — для гептодной.

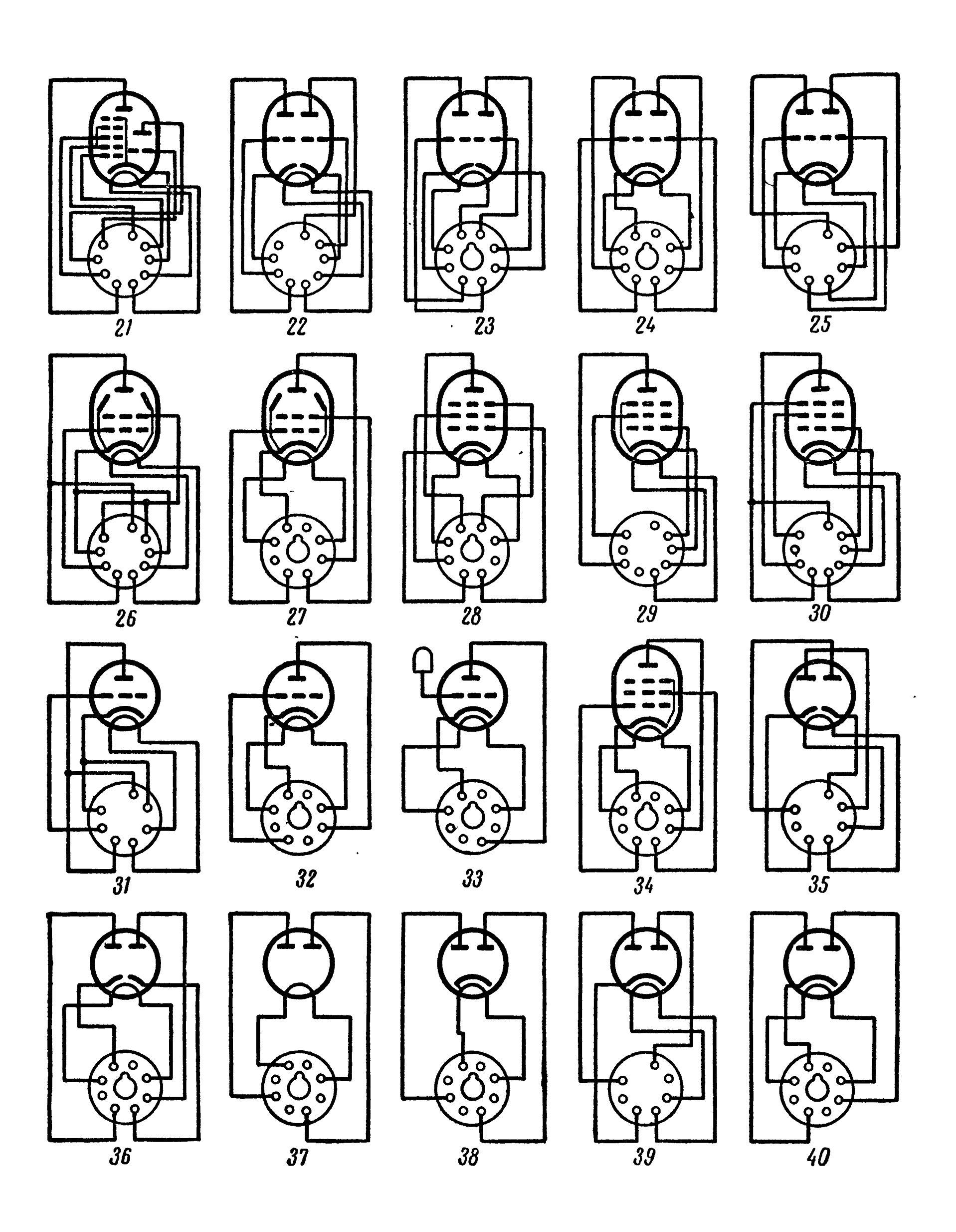
Обозначение	Тип лампы	Схема лампы и цоколевка, № (стр. 565 и 566)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экранирующей сетке, *в*	Смещение на управляющей сетке, *в*	Анодный ток, *ма*	Ток экранирующей сетки, *ма*	Выходная мощность, *вт*
6Н1П	Двойной триод н. ч.	22	6,3	0,3	250	—	—4,8	8,0	—	—
6Н2П	То же	22	6,3	0,3	250	—	—1,5	2,3	—	—
6Н5С	» »	23	6,3	2,5	135	—	—30,0	600	—	—
6Н7С	» »	24	6,3	0,81	300	—	—6,0	3,5	—	—
6Н8С	» »	23	6,3	0,3	250	—	—8,0	9,0	—	—
6Н9С	» »	23	6,3	0,3	250	—	—2,0	2,3	—	—
6Н15П	» »	25	6,3	0,45	100	—	—2,0	9,0	—	—
6П1П	Лучевой тетрод	26	6,3	0,45	250	250	—12,5	45,0	7,0	3,8
6П3С	То же	27	6,3	0,9	250	250	—14,0	72,0	8,0	5,4
6П6С	» »	27	6,3	0,45	250	250	—12,5	45,0	7,5	3,6
6П9	Выходной пентод	28	6,3	0,65	300	150	—3,0	30,0	6,5	2,4
6П14П	То же	29	6,3	0,75	250	250	—6,0	48,0	5,4	4,5
6П15П	» »	30	6,3	0,75	300	150	—2,5	30,0	4,5	4,5
6С1П	Триод н. ч.	31	6,3	0,15	250	—	—7,0	6,1	—	—
6С2С	То же	32	6,3	0,3	250	—	—8,0	9,0	—	—
6С5С	» »	32	6,3	0,3	250	—	—8,0	8,0	—	—
6Ф5С	» »	33	6,3	0,3	250	—	—2,0	1,0	—	—
6Ф6С	Выходной пентод	34	6,3	0,7	250	250	—12,5	34,0	6,5	3,1

Выпрямительные лампы

Обозначение	Тип лампы	Схема лампы и цоколевка, № (стр. 566)	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Наибольшее допустимое напряжение на каждом аноде, *в*	Наибольший выпрямленный ток, *ма*
6Х2П	Двойной диод	35	6,3	0,3	Используется для детектирования	
6Х6С	То же	36	6,3	0,3	То же	
5Ц3С	Двуханодный кенотрон	37	5,0	3,0	400	225
5Ц4С	То же	38	5,0	2,0	400	125
6Ц4П	» »	39	6,3	0,6	300	75
6Ц5С	» »	40	6,3	0,6	300	75

Схемы и цоколевка ламп




21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40

2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ ДИОДЫ

Тип диода	Наибольший выпрямленный ток, *ма*	Наибольшее обратное напряжение, *в*	Тип диода	Наибольший выпрямленный ток, *ма*	Наибольшее обратное напряжение, *в*
Д7А	300	50	Д202	400	100
Д7Б	300	100	Д203	400	200
Д7В	300	150	Д204	400	300
Д7Г	300	200	Д205	400	400
Д7Д	300	300	Д206	100	100
Д7Е	300	350	Д207	100	200
Д7Ж	300	400	Д208	100	300
Д201А	200	25	Д209	100	400
Д201Б	200	50	Д210	100	500
Д201В	400	50	Д211	100	600
Д201Г	200	100	Д302	1 000	200
Д201Д	400	100	Д303	2 000	150
Д201Е	200	200	Д304	5 000	100
Д201Ж	400	200	Д305	10 000	50

Примечание. Диоды Д7А—Д7Ж и Д303—Д305 — германиевые, Д201А—Д201Ж и Д202—Д211 — кремниевые.

Германиевые диоды могут использоваться при температуре от —60 до +70° С, а кремниевые диоды от —60 до +125° С. Данные, указанные в таблице, соответствуют примерно температуре окружающего диод воздуха от +15 до +25° С. При бóльших температурах необходимо уменьшать потребляемый выпрямленный ток и снижать обратное напряжение.

Напряжение, которое надо получить от выпрямителя, должно быть примерно вдвое меньше наибольшего обратного напряжения. Чтобы получить большее выпрямленное напряжение, надо соответственно увеличить число диодов, включаемых в выпрямитель последовательно.

3. ТРАНЗИСТОРЫ

Тип транзистора	Основное назначение	Граничная частота усиления, *Мгц*	Коэффициент усиления по току β: не менее	Коэффициент усиления по току β: не более	Наибольший обратный ток коллектора $I_{К.О}$, *мка*	Начальный ток коллектора $I_{К.Н}$, *мка*	Предельное напряжение на коллекторе $U_К$, *в*	Наибольший ток коллектора $I_К$, *ма*: в режиме усиления	Наибольший ток коллектора $I_К$, *ма*: в режиме переключения	Наибольшая мощность рассеяния $P_{макс}$, *мвт*
П13	В схемах усиления сигналов низкой частоты	0,5	12	—	30	30	15	20	150	150
П13А		1,0	30	—	30	30	15	20	150	150
П13Б	В схемах с низким уровнем шумов	1,0	20	60	30	30	15	20	150	150
П14	Универсального применения	1,0	20	40	30	30	15	20	150	150
П14А	В схемах с режимом переключения	1,0	20	40	30	30	30	20	150	150
П14Б		1,0	30	60	30	30	30	20	150	150

Тип транзистора	Основное назначение	Граничная частота усиления, *Мгц*	Коэффициент усиления по току β		Наибольший обратный ток коллектора $I_{к.о}$, *мка*	Начальный ток коллектора $I_{к.н}$, *мка*	Предельное напряжение на коллекторе $U_к$, *в*	Наибольший ток коллектора $I_к$, *ма*		Наибольшая мощность рассеяния $P_{макс}$, *мвт*
			не менее	не более				в режиме усиления	в режиме переключения	
П15 П15А	В схемах усиления сигналов низкой частоты	2,0 2,0	30 50	60 100	30 30	30 30	15 15	20 20	150 150	150 150
П16 П16А П16Б	В схемах с режимом переключения	1,0 1,0 1,0	20 30 45	35 50 100	30 30 30	30 30 30	15 15 15	50 50 50	300 300 300	200 200 200
П401 П402 П403 П403А	В схемах усиления сигналов высокой частоты	30 60 120 120	15 15 15 30	— — 30 —	10 5 5 5	10 5 5 5	10 10 10 10	10 10 10 10	— — — —	50 50 50 50

Новая система обозначений транзисторов

В связи со все возрастающим выпуском полупроводниковых приборов с 1964 г. введена новая, более совершенная система обозначений транзисторов. По этой системе разрабатываемые и выпускаемые серийно транзисторы имеют обозначения, состоящие из четырех элементов, например: ГТ109А, 1Т403И, 2Т301В.

Первый элемент обозначения — буква (Г или Т) или цифра (1 или 2) — характеризует полупроводниковый материал транзистора и температурные условия работы прибора. Буква Г или цифра 1 присваивается германиевым транзисторам, а буква К или цифра 2 — кремниевым транзисторам. Цифра, стоящая вместо буквы, указывает на то, что данный транзистор может работать при повышенных температурах (германиевый — выше +60° С, кремниевый — выше +85° С).

Второй элемент — буква Т — начальная буква слова «транзистор».

Третий элемент — трехзначное число от 101 до 999 — указывает порядковый номер разработки транзистора и назначение прибора. Это число присваивается транзистору по признакам, приведенным в следующей таблице:

Группа транзисторов	Максимальная рассеиваемая мощность, *вт*	Низкой частоты (до 3 *Мгц*)	Средней частоты (3—30 *Мгц*)	Высокой частоты (свыше 30 *Мгц*)
Малой мощности	До 0,3	101—199	201—299	301—399
Средней мощности	0,3—3	401—499	501—599	601—699
Большой мощности . . .	Свыше 3	701—799	801—899	901—999

Четвертый элемент обозначения — буква, указывающая разновидность типа из данной группы транзисторов.

Примеры расшифровки новых обозначений транзисторов:

ГТ109А — германиевый маломощный низкочастотный транзистор, разновидность типа А.

1Т403И — германиевый средней мощности низкочастотный транзистор, который может работать при повышенной температуре, разновидность типа И.

2Т301В — кремниевый маломощный высокочастотный транзистор, рассчитанный для работы при повышенной температуре, разновидность типа В.

4. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И БАТАРЕИ

Наименование элемента, батареи			Начальное напряжение *в*	Начальная емкость, *а·ч*	Сопротивление внешней цепи, *ом*	Срок сохранности, мес.
Новое	Старое	Торговое				
1,28-НВМЦ-525	БНС-МВД-500	«Девиз»	1,28	525	2	15
1,28-НВМЦ-525п	БНС-МВД-400	«Экран»	1,28	525	2	15
1,3-НВМЦ-150	6-С-МВД-150	—	1,3	150	5	15
1,3-НВМЦ-75	—	«Прибой»	1,3	75	4,5	12
1,3-НВМЦ-250	—	«Волна»	1,3	250	4,5	15
1,3-ФМЦ-0,25	ФБС-0,25	—	1,3	0,25	20	4
1,46-НМЦ-60ч	БНС-15	Накал «Воронеж»	1,46	60	3	12
1,5-СНМЦ-0,6	КБ-СА	Накал «Слух»	1,5	0,6	25	6
1,58-СНМЦ-2,5	НС-СА	Накал «Звук»	1,58	2,5	10	10
1,6-ФМЦ-У-3,2	1-КС-У-3	«Сатурн»	1,6	3,2	10	12
3,7-ФМЦ-0,5	КБС-Л-0,5	—	3,7	0,5	10	6
4,1-ФМЦ-0,7	КБС-Х-0,7	—	4,1	0,7	10	8
—	—	«Крона-I»	9,0	0,17	—	6
—	—	«Крона-II»	9,0	0,34	—	6
31-САМЦЧ-0,02	ГБЧ-СА-30	Анод «Слух»	31	0,02	50 000	6
49-САМЦГ-0,25п	ГБ-СА-45	Анод «Звук»	49	0,25	25 000	8
4-АСМЦГ-5п	БС-Г-60-С-8	«Энергия»	Анод — 54 Сетка — 4	5 5	800 60	15
65-АНМЦ-1,3п	«Тула»	«Тула», «Заря»	Анод — 65 Накал — 2,5	1,3 29,5	4 680 20	15
67-5-АМЦГ-У-0,06	—	«Малыш» (анод)	67,5	0,06	10 330	6
68-АМЦ-Х-0,6	БАС-60-Х-0,6	—	68	0,6	4 680	12
70-АМЦ-У-1,3	БАС-Г-60-У-1,3	—	70	1,3	4 680	15
70-АМЦГ-5	БС-Г-70	«Дружба»	70	5	1 000	15
70-АНВ-275ч	—	«Электрон»	Анод — 70 Накал — 5,2	— —	8 000 75	12
75-АМЦГ-22ч	—	«Радуга»	75	—	8 000	8
100-АМЦГ-У-2,0	БАС-Г-80-У-2,1	—	100	2,0	7 000	15
100-АМЦГ-2,0	БАС-Г-Л-2,1	—	100	2,0	7 000	15
100-АМЦГ-0,7	БАС-Г-80-Л-0,8	—	100	0,7	7 000	15
102-АМЦ-У-1,0	БАС-80-У-1,0	—	102	1,0	7 000	15
102-АМЦГ-1,2	БАС-Г-90	—	102	1,2	7 000	12
120-АМЦГ-0,27	БАС-Г-120	—	120	0,27	8 750	6

5. МИНИАТЮРНЫЕ ДИСКОВЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Тип аккумулятора	Емкость, *а·ч*	Ток заряда аккумулятора, *ма*		
		20 *ч*	15 *ч*	10 *ч*
Д-0,06	0,06	3	4	6
Д-0,07	0,07	3,5	5	7
Д-0,12	0,12	6	8	12
Д-0,2	0,2	10	13,5	20

6. ТРАНСФОРМАТОРЫ И АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

Приемник, в котором установлен трансформатор	Мощность, *вт*	Сечение сердечника, *см*²	Сетевая обмотка		Повышающая обмотка		Обмотка накала кенотрона		Обмотка накала ламп	
			Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
АРЗ-54	40	7,2	693 + 520	0,27 + 0,23	1330	0,15	40	0,51	39	0,8
«Баку»[1]	60	14,8	363 + 56 + 307	0,51 + 0,51 + 0,33	2830	0,2	19	1,0	24	1,0
«Балтика»	70	—	2 × (338 + 52)	0,38	2 × 865	0,2	17	0,8	21	1,0
«Балтика М-254»	65	—	2 × (397 + 62)	0,31	2 × 920	0,2	20	0,8	26	0,74
«Беларусь»[1]	180	—	2 × (310 + 54)	0,51	2 × 955	0,35	16	1,25	20	1,4
«Восток-49»	80	14,4	2 × (414 + 55)	0,33	2 × 820	0,18	18	1,0	23	1,0
ВЭФ М-557	65	—	372 + 58 + 315	0,5 + 0,5 + 0,35	2 × 1060	0,16	18	0,8	22	0,9
ВЭФ М-697	70	—	2 × (338 + 52)	0,38	2 × 900	0,2	17	0,8	21	1,0
«ВЭФ-Аккорд»	65	—	2 × (392 + 62)	0,31	2 × 900	0,2	20	0,74	26	0,74
«Даугава»	85	14,1	2 × (365 + 56) + 335[2]	0,35 + 0,2	2 × 870	0,2	18	1,0	23	1,0
«Минск-55»	120	—	2 × (230 + 38)	0,51	2 × 550	0,25	11	1,25	14,5	1,25
«Москвич-В», «Кама»	35	5,6	779 + 345 + 255[3]	0,25 + 0,2 + 0,2	Нет		Нет		44[4]	0,8
«Москвич-3»[1]	40	—	667 + 490	0,35 + 0,25	1250	0,15	38	0,45	38	0,83
«Нева-55»	80	17,2	2 × (363 + 57)	0,51	2 × 960	0,25	18	1,0	23	1,25
«Огонек»	30	9,68	600 + 440	0,35 + 0,25	965	0,15	34	0,49	34	0,87
«Рекорд-52»	40	—	621 + 284[3] + 169	0,35	Нет		33	0,44	33	0,85
«Рекорд-53»	—	—	660 + 102 + 558	0,25	1250	0,15	42	0,51	41	0,93
«Рига-6»	55	10,9	450 + 69	0,31	2 × 1100	0,16	22	1,0	28	1,0
«Урал-52»	80	12,5	2 × (400 + 60)	0,31	2 × 1200	0,2	19	0,8	21	1,0
«Чайка»	90	13,5	2 × (315 + 48)	0,41	2 × 780	0,2	16	0,86	20	1,0
«Электросигнал-2»	70	—	2 × (400 + 60)	0,33	2 × 865	0,18	20	0,93	26	1,0
«Эстония»	—	10,0	2 × (366 + 56)	0,41	850	0,29	23	1,0	23	1,0

[1] Между сетевой и остальными обмотками имеется электростатический экран — однослойная незамкнутая обмотка из провода диаметром 0,13—0,2 *мм*, вывод которой заземляется при монтаже. [2] Секция для питания электродвигателя радиолы. [3] Отвод на выпрямитель. [4] Входит в сетевую обмотку.

7. ВЫХОДНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ

Приемник, в котором установлен трансформатор	Тип выходной лампы	Сопротивление звуковой катушки громкоговорителя, *ом*	Сечение сердечника, $см^2$	Первичная обмотка		Вторичная обмотка	
				Число витков	Диаметр провода, *мм*	Число витков	Диаметр провода, *мм*
АРЗ-54	6П6С	5,5	2,56	2500	0,12	81	0,41
«Байкал»	6П14П	5,6	—	2600	0,12	64	0,51
«Баку»	6П3С	3,0	6,6	2300 + 100[1]	0,2	67 + 3[2]	0,74
«Балтика ВЭФ М-697»	6П6С	2,4	—	2150	0,15	58	0,8
«Балтика М-254», «ВЭФ-Аккорд»	6П6С	1,6	—	2650	0,12	45 + 650[3] и 3[4]	0,8 + 0,12 и 0,8
«Беларусь»	2 × 6П3С	11,0	8,3	2 × 1525	0,14	105	0,72
«Восток-49»	6П6С	3,2	3,6	2800	0,12	79	0,64
ВЭФ М-557	6Ф6С	2,0	—	3200	0,13	66	0,7
«Даугава»	6П3С	2,7	6,0	2000	0,16	65 + 700[3]	0,7 + 0,1
«Москвич»	30П1С	3,8	2,88	2500	0,12	55	0,69
«Москвич-В», «Кама»	6П6С	3,25	2,56	2850 + 150[5]	0,1	60	0,64
«Ленинградец»	30П1С	3,8	—	1225 + 125[5]	0,12	45	0,69
«Дорожный»	2П1П	—	1,0	3550	0,12	60	0,51
«Москвич-3», «Огонек»	6П6С	3,25	2,56	2850	0,1	60	0,64
«Нева-52»	6П3С	3,4	6,4	2600	0,23	80	1,0
«Нева-55»	6П3С	3,4	6,4	2500 + 400[5]	0,2	80 и 600[3]	0,8 и 0,15
«Рекорд-47», АРЗ-49	30П1С	3,25	2,56	2000 + 200[5]	0,12	87	0,59
«Рекорд-52»	6П6С	3,25	2,56	2600 + 200[5]	0,12	66	0,51
«Рекорд-53»	6П6С	5,6	2,88	2600 + 200[5]	0,12	90	0,41
«Рига Б-912»	2П1П	2,8	3,5	2360	0,12	28	0,6
«Рига-6»	6П6С	2,65	3,8	2800	0,15	70	0,64
«Родина-52»	2 × 2П1П	3,0	2,16	2 × 1750	0,1	50 и 1200[3]	0,64 и 0,1
«Тула»	2П1П	4,0	—	2500	0,09	60	0,55
«Урал-52»	6П3С	3,4	—	2045 + 655[1]	0,15	73	0,8
«Чайка»	6П3С	3,4	7,25	1650 + 600[1]	0,15	64	0,8
«Электросигнал-2»	6П3С	3,0	5,0	1360 + 840[1]	0,13	56	0,9
«Эстония»	2 × 6П1П	1,2	—	2 × 800	0,18	13	1,0

[1] Отвод для дополнительного громкоговорителя. [2] Секция отрицательной обратной связи. [3] Обмотка дополнительного громкоговорителя. [4] Обмотка отрицательной обратной связи. [5] Секция компенсации фона переменного тока.

8. ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ ГРОМКОГОВОРИТЕЛИ

Тип громкоговорителя	Номинальная мощность, *вт*	Номинальный диапазон частот, *гц*	Сопротивление звуковой, катушки, *ом*	Диаметр диффузора, *мм*	Вес громкоговорителя, *г*
0,1ГД-3	0,1	400— 3 000	6,5	50	35
0,1ГД-8	0,1	450— 3 000	10,0	60	40
0,2ГД-1	0,2	300—10 000	6,0	50	50
0,25ГД-1	0,25	300— 3 000	8,0	72	70
0,25ГД-2[1]	0,25	300— 3 000	25,0; 6,5	70	120
0,5ГД-10	0,5	150— 7 000	5,0	105	150
0,5ГД-11	0,5	150— 7 000	5,0	105	150
0,5ГД-12	0,5	150— 7 000	5,0	105	250
0,5ГД-14	0,5	250— 3 500	28,0	102	128
1ГД-5	1,0	150— 6 000	6,5	126	370
1ГД-6	1,0	100— 6 000	6,5	126	600
1ГД-9[2]	1,0	200—10 000	6,5	156 × 98	250
1ГД-11	1,0	150— 7 000	8,0	126	300
1ГД-12[2]	1,0	200—10 000	5,0	156 × 98	200
1ГД-14	1,0	150—10 000	5,0	126	180
1ГД-18[2]	1,0	100—10 000	6,5	156 × 98	160
2ГД-3	2,0	70—10 000	4,5	152	400
2ГД-4	2,0	70—10 000	5,0	152	300
2ГД-7	2,0	70—10 000	4,5	152	230
2ГД-8[2]	2,0	80— 8 000	4,5	264 × 94	280
3ГД-2	3,0	80— 6 000	4,0	202	1200
3ГД-7[2]	3,0	80— 7 000	4,5	204 × 134	650
3ГД-9[2]	3,0	80— 7 000	5,0	204 × 134	900

[1] Выпускаются со звуковыми катушками разных сопротивлений.
[2] Диффузор эллиптический.

9. СПРАВКИ

Центральные станции юных техников союзных республик

РСФСР — Москва, А-55, Тихвинская ул., 39.
Украинской ССР — Киев, 1, Абонементный ящик, 74.
Белорусской ССР — Минск, Красноармейская ул., 15.
Узбекской ССР — Ташкент, ул. Энгельса, 10.
Казахской ССР — Алма-Ата, 40, пр. Ю. Гагарина, 135-а.
Грузинской ССР — Тбилиси, 6, пр. А. Церетели, 1.
Азербайджанской ССР — Баку, ул. Сурена Осипяна, 3.
Литовской ССР — Вильнюс, пр. Ленина, 34.
Киргизской ССР — Фрунзе, ул. Белинского, 2.
Таджикской ССР — Душанбе, 13, Проезд юных натуралистов, 6.
Армянской ССР — Ереван, Главный почтамт, почтовый ящик 59.
Туркменской ССР — Ашхабад, Первомайская ул., 14.

Центральные радиолюбительские организации

Центральный комитет ДОСААФ (отдел радиоподготовки и радиоспорта) — Москва, Тушино, Осоавиахимовский квартал, 8.
Центральный радиоклуб ДОСААФ — Москва, ул. Сретенка, 26/1.

Редакции популярных научно-технических журналов

«Юный техник» — Москва, К-104, Спиридоньевский пер., 5. «Радио» — Москва, И-51, Петровка, 26. «Моделист-конструктор», «Техника — молодежи» — Москва, А-55, Сущевская ул., 21. «Знание — сила» — Москва, Ж-68, 3-й Автозаводский пр., 13.

Как выписать книги по радиотехнике

Книги, выходящие массовыми тиражами, высылают наложенным платежом (без задатка) отделения «Книга — почтой», имеющиеся во всех республиканских, краевых и областных центрах СССР.

Адрес Центральной базы «Книга — почтой»: Москва, Ж-125, ст. Текстильщики, Остаповское шоссе, корпус 8, магазин № 89 Москниготорга.

Издательства литературу не высылают.

Откуда можно выписать радиотовары

Радиотовары высылают Центральная торговая база «Союзпосылторг» и ее отделения, имеющиеся в республиканских, краевых и областных центрах СССР.

Адрес Центральной торговой базы «Союзпосылторга»: Москва, Е-126, Авиамоторная ул., 50.

Прейскуранты товаров, высылаемых Центральной торговой базой «Союзпосылторга» и ее отделениями, имеются для ознакомления в почтовых отделениях.

Где получить консультацию

По вопросам организации и содержания работы кружков юных радиолюбителей следует обращаться в местные Дворцы и Дома пионеров и школьников, на областные, краевые, республиканские (АССР) и Центральные станции юных техников. Там же можно получить устную консультацию по конструированию и налаживанию различной радиоаппаратуры.

Платную письменную консультацию по различным радиотехническим вопросам, в том числе разъяснения работы отдельных узлов радиоаппаратуры, советы по ее налаживанию, дает Центральный радиоклуб ДОСААФ.

Консультация Центрального радиоклуба ДОСААФ, кроме того, по предварительным заявкам производит простейшие радиотехнические расчеты, высылает фотокопии из журналов «Радио», из книг и брошюр, выпускаемых издательствами «Энергия» (выпуски «Массовой радиобиблиотеки») и ДОСААФ.

O

СОДЕРЖАНИЕ

О

1 р. 62 к.